

22/5/19

الدِّفْسُ لِأَوَّلِيهِ

فِي

الْفَلَسَفَةِ الطَّبِيعِيَّةِ

تأليف

الزَّجَّاجُ مَعْلَمُ الْفَلَسَفَةِ الطَّبِيعِيَّةِ وَاللُّغَةِ الْإِنْكَلِيزِيَّةِ

وَمُدْرِسُ الْبَنَاتِ السُّورِيَّةِ الْأَجْنِبِيَّةِ سَابِقًا

بِأَمْرِ الْعَلَامَةِ تَلَا جِلَّ وَالحَبْرُ الْأَكْمَلُ شَمْسُ الْعِلْمَاءِ مَوْلَانَا أَحْمَدُ

نَاطِرُ الْمَدْرَسَةِ الْعَالِيَةِ فِي كَلَكَتَ

وَنَاطِرُ طَبْعٍ تَحْتَ إِدَارَةِ الْعَبْدِ الْمُسْكِينِ الْحَاجِّ مُحَمَّدٍ قُرَّالدين

بِمَاةِ سِتِّ مِائَةٍ

وَالْمَطْبَعُ الْقَيْوُومِيُّ الْوَاقِعُ فِي كَابُولِ

فهرس الكتاب

صفحة	المحتوى	الفصل
٢	الباب الأول في المادة وصفاتها	الفصل الأول
٣	في صفات المادة العامة	الفصل الثاني
١٢	في صفات المادة الخاصة	
١٦	{ الباب الثاني في الجاذبية	
١٦	في قوتي الجذب والدفع بين الدقائق	الفصل الأول
٢٨	في الجاذبية العامة وجاذبية الثقل	الفصل الثاني
٣٢	في الأجسام الساقطة	الفصل الثالث
٣٩	في مركز الثقل	الفصل الرابع
٢٥	في البرقاص	الفصل الخامس
٥٣	في تاديج الساعات	ملحق
٥٥	{ الباب الثالث في الحركة	
٥٥	في الحركة والقوة	الفصل الأول
٦٠	في قوانين الحركة	الفصل الثاني
٦٣	{ الباب الرابع في الميكانيكيات	
٦٦	في المحل وتوابعه	نصل الأول

٨٨ صفحة	في السطح المائل وتوابعه	الفصل الثاني
٩٢	الباب الخامس في حفظ السائلات	
٩٢	في الماء الساكن	الفصل الأول
١١٤	في الماء الجارى	الفصل الثاني
١٢٤	الباب السادس في الهوائيات	
١٢٤	في الغازات ومفرغة الهواء	الفصل الأول
١٣١	في صفات الهواء	الفصل الثاني
١٣٢	في حفظ الهواء	الفصل الثالث
١٣٥	في البارومتر وثقل الجلد	الفصل الرابع
١٣٨	في آلات الهواء	الفصل الخامس
١٤٠	الباب السابع في السمعيات	
١٤٠	في الصوت وانتقاله	الفصل الأول
١٤٩	في انكسار الصوت وانعكاسه	الفصل الثاني
١٤٢	في الصوت الموسيقى	الفصل الثالث
١٨٠	في اهتزازات الأوتار وآلاتها	الفصل الرابع
١٨٩	في آلات النغم والسلم الموسيقى	الفصل الخامس
١٩٢	في آلات الصوت والسمع	الفصل السادس
٢٠٢	في غرائب الصوت والفونوغراف	ملحق
٢٥	الباب الثامن في البصريات	

صفحة	٢٠٥	في النور ونواميسه	الفصل الأول
٢١١		في العكاس النور	الفصل الثاني
٢٢١		في انكسار النور	الفصل الثالث
٢٣٣		في انحلال النور	الفصل الرابع
٢٣٥		في استقطاب النور	الفصل الخامس
٢٥٠		في الخطاء الكروي والخطاء اللوني	الفصل السادس
٢٥٢		في آلات البصرية	الفصل السابع
٢٦١		في العين والبصر	الفصل الثامن
٢٦٩		الباب التاسع في الحرارة	
٢٦٩		في ماهية الحرارة ومصادرها	الفصل الأول
٢٤٥		في تغيير الحرارة بالأجسام	الفصل الثاني
٢٩٥		في إيصال الحرارة	الفصل الثالث
٣٠٣		في آلات البخارية	الفصل الرابع
٣١٣		في الظواهر الجوية	الفصل الخامس
٣٢٦		في بعض أشكال الماء ومنافعه	خاتمة الباب
٣٣٣		الباب العاشر في الكهرباء	
٣٣٣		في المغنطيسية	الفصل الأول
٣٣٦		في كهربائية الاحتكاك	الفصل الثاني
٣٤٠		في الكهرباء الكفائية	الفصل الثالث
٣٨٥		في الكهرباء المغنطيسية	الفصل الرابع
٣٠٣		في كهربائية الحرارة	الفصل الخامس

٢

الصفحة	٢٠٥	في الكهربية الحيوانية	الفصل السادس
			تتم اتم الكتاب

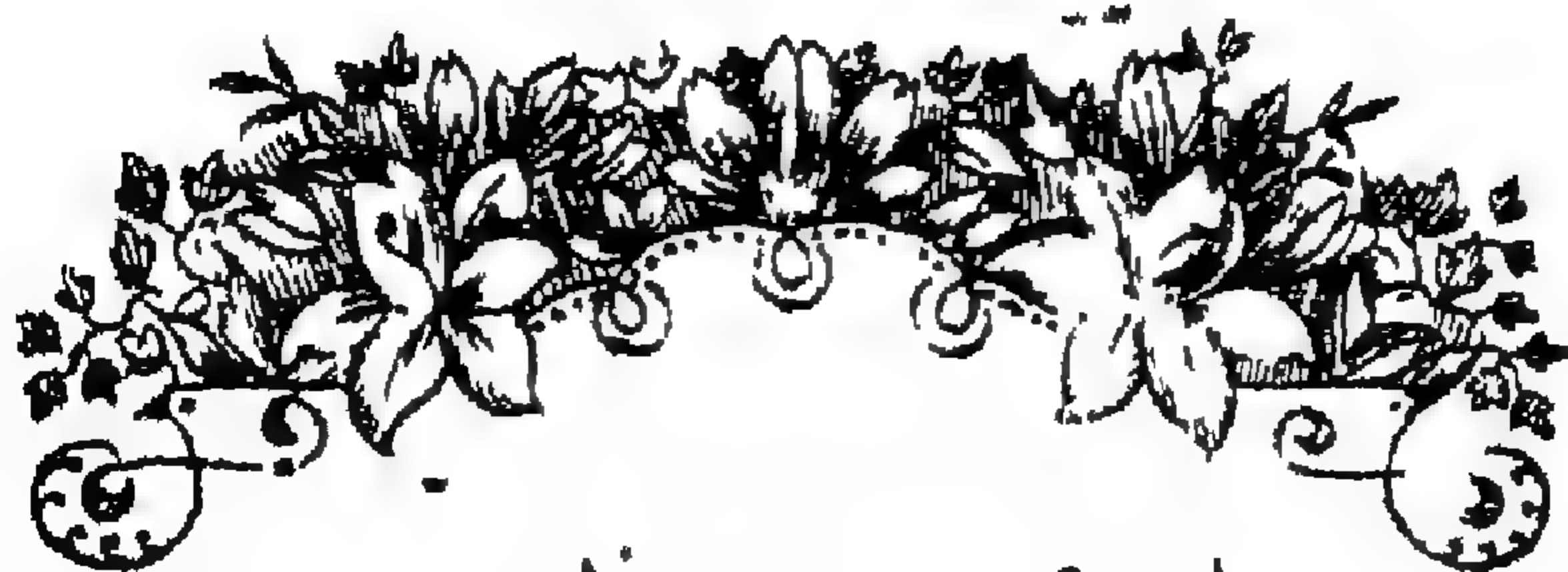
مقدمت

اما بعد فاني لما رأيت المؤلفات في هذا الفن باللغة العربية لا تناسب لتدريس التلامذة
كتلميذات المدرسة السورية الانجيلية اما لطول عهد ها ولا انها قد كتبت لغاية اخرى كتدريس
تلامذة المدرسة الكلية بذلت جهدى فى استخلاص بعض الدروس الاولى للتدريس فى مدرسة
السورية ولما عزمتم على طبعها اشار على بعض اهل العلم بتوسيع مباحثها وتكثير موادها لتكون موافقة
للتدريس فى المدارس ولطالعة الجمهور والعيال . فاستخلصت هذا الكتاب من كتب عديدة مختلفة
اللغات ولم استثن منها الكتب العربية ككتاب المعلم اسعد الشدردى فى الفلسفة الطبيعية ^{وغنى}
وجمعت فيه اكثر الاكتشافات والاختراعات العلمية الحديثة . وافرغت جهدى فى جعله بسيطاً سهل
المأخذ وافياً باحتياجات الجمهور مفيداً فى تثقيف عقول الطلبة وتنوير اذهانهم وطبعته اكثر من
بالحرف الكبير وشرحه بالحرف الصغير لئلا يسهل مراجعته على التلميذ وتتوفر فوائد المطالع وهنا

اعترف بوجوب الشكر لجناب المعلم فارس غرب . ع

لانه اخذ بيدى فى تأليف هذا الكتاب

وضبط الفاظه ومعانيه



الباب الاول

في المادة وصفاتها

المقدمة

(١) حدود : المادة (او المهيولى) كل شئ نشعر به بحواسنا . والجسم جزء من المادة كبيراً كان او صغيراً كالكرسى والقلم والنخلة . والجوهر الفرد او الجوهر جزء صغير جداً من المادة لا يتجزأ والذقيقة اصغر جزء من المادة يتجزأ بالوسائط العملية المعروفة بالميكانيكية . وهي تحتوى على عدد من الجواهر . فالجسم هو ما تألف من دقائق والذقيقة ما تألفت من جواهر والجوهر اصغر اجزاء المادة

مثال ذلك ان الماء في كأس جسم مؤلف من دقائق كثيرة وكل ذقيقة مؤلفة من جوهريين من الهيدروجين وجوهر من الاكسجين

(٢) صفات المادة : صفات المادة وتسمى ايضا خصائصها نوعان صفات عامة و صفات خاصة . فالصفات العامة هي التي يشترك فيها كل الاجسام . والصفات الخاصة هي التي يشترك فيها بعضها .

مثال الاثنين . ان الذهب جسم ذو ثقل ولون اصفر . فالثقل صفة عامة لانه لا يختص بالذهب فقط بل يوجد فيه وفي هيئة الاجسام ايضا . واما اللون الذهبي فصفة خاصة لانه لا يوجد في كل الاجسام بل يختص ببعضها فقط ولا سيما الذهب مثال آخر . ان لوح الزجاج ذو شكل وقصفاى سويج الانكسار . فالشكل يوجد في كل جسم وليس في الزجاج فقط فهو صفة عامة واما القصف فيختص ببعض الاجسام فقط ولا سيما

الزجاج فهو صفة خاصة وفلس على ما ذكره.

(٣) تغير المادة : تغير المادة على نوعين تغير طبيعي وتغير كيمياوي . فالتغير الطبيعي يلحق صفات المادة العامة والتغير الكيماوي يلحق الخاصة

مثال ذلك . اذا طرقتا الليرة نظرت وتغير عن هيئةها فتصير ورقا فيبقى في بورق الذهب ولكن صفاتها الخاصة كاللون وغيره مما سيجي تبقى غير متغيرة فتغير هيئتها هو التغير الطبيعي . وكذلك اذا صهرناها على النار فانها تذوب وهيئتها تتغير ولكن صفاتها الخاصة تبقى على حالها . ولكن اذا وضعنا في حامض من الحوامض فتدوب و صفاتها الخاصة تتغير . فمعب صفاتها الخاصة هو التغير الكيماوي مثال آخر . اذا سخمنا سمارا حتى صار شريط فصفات الحديد الخاصة لا تتغير . واما اذا وضعناه في الماء فتغير صفاته الخاصة ويصير احمر لينا فصفات الحديد كمالا يحمي فالاول هو التغير الطبيعي والثاني هو التغير الكيماوي .

فهذه الاعبار تقسم العلوم الطبيعية قسمين الفلسفة الطبيعية والكيمياء . اما الفلسفة الطبيعية فهي علم يبحث فيه عن تغير المادة تغيرا طبيعيا . واما الكيمياء فهي علم يبحث فيه عن تغير المادة تغيرا كيمياويا .

مسائل للمرين : اذا مغنطنا سكيننا حتى تصير ترفع الابرة ا تكون قد تغيرت تغيرا طبيعيا ام كيمياويا . وابن يبحث عن ذلك في الفلسفة الطبيعية ام في الكيمياء . اشتعال الفحم بغير طبيعي ام كيمياوي . وكذلك حدوث البخار . وتكون الندى . وسقوط الحجارة . ونمو الاشجار . وطيران الطيارات . وبطع الحطب . وتفرق البارد . وعليان الماء وذوبان الحديد . وحفان الانواب . وجود الماء .

الفصل الأول

في صفات المادة العامة

(٤) قلنا ان صفات المادة نوعان عامة وخاصة . اما الخاصة فنبأني الكلام عليها . واما العامة فلا بد من وجودها في كل جسم ولا يمكننا ان نتصور المادة بدونها . ونشهرها الامتداد وعدم التداخل والتجزؤ والمسامية والاستمرار والبقاء وعدم الملائمة .

ولشرح كلامها بالتفصيل -

(٥) الامتداد : الامتداد هو كون الجسم يشغل حيزاً في فسيحة ذات سطح هو حيز الجسم ويسمى مقدار الحيز الذي يملأه الجسم حجماً . ولكل جسم امتداد في طول وعرض وعمق وهذه الأمور الثلاثة تعرف بالقياس . أما القدماء فكانوا يقيسونها بعضهم أعضائهم كالقدم والذراع وطول الأصبع وعرضها وعرض اليد والشبر وغير ذلك . وأما المتأخرون فاصطنعوا لقياسها مقاييس مخصوصة أشهرها المقياس الكلي والمقياس الفرسي -

(٦) عدم التداخل : عدم التداخل هو كون الجسم لا يشغل الحيزاً واحداً في وقت واحد . فإذا حل جسم في مكان فلا يمكن أن يحل جسم آخر في نفس المكان الذي هو فيه مثال ذلك - إذا وضعنا كتاباً على كرسي فلا يقدر أحد في العالم أن يضع كتاباً آخر في مكانه وهو فيه وإذا اردنا أن نملأ قنينة ماء من قمع في زمان فلا يمكن أن ينزل الماء إليها أن يصعد منها الهواء أولاً فيقاع غير أن البعض قد يتوهمون خلاف ذلك فيزعمون أن المسار يتداخل في الخشب إذا دقه فيه الجاروان الأبرة تتداخل في القماش إذا نفذها فيه الخياط . والصواب أن المسار لا يتداخل في الخشب بمعنى أنه يشغل أياً من حيز واحد في وقت واحد بل يبعد من أمامه دقائق الخشب ويفتح لنفسه حيزاً كذا الأبرة . والبعض يتوهمون أنه يحصل تداخل إذا أنزلنا حصي دقيقة في كأس مملوءة لم ينصب الماء منها . والصحيح أن سطح الماء يهبط فيشغل بذلك حيزاً عوضاً عن الحيز الذي شغلته الحصى -

(٧) التجزؤ : التجزؤ هو كون الجسم يقبل الانقسام . فمهما كان الجسم صغيراً يمكن قسمته إلى أقسام أصغر منه ويتضح ذلك من الأمثلة الآتية وهي -

أن بعض العناكب تنسج بيوتها بخيوط دقيقة كل منها مؤلف من أربعة خيوط أدق منه وكل واحد من هذه الأربعة مؤلف أيضاً من ألف خيط وكل واحد من الألف يخرج من قناة مخصوصة في جسم العنكبوت وقد دقق أحد العلماء الجرمانيين في فحص هذه الخيوط فوجد أنه إذا ضم ٢٠ خيط منها إلى خيط واحد لم تكن أغلظ من شعرة واحدة من شعر بحيته . ولما كان كل خيط منها مؤلفاً من أربعة آلاف خيط أدق منه كما تقدم فكل خيط من الخيوط الدقيقة يساوي غلظ ١٦

من غلط شعرة واحدة من شعر البشر وإن كان قليل أن نصف ليبرة من خيوطها الغليظة تحيط بكرة الأرض إذا جعلت خيطاً واحداً ولقت حولها. مع أنه لو مددنا تلغرافاً حول الأرض على خط الاستواء لا تقضى له خمسون ألفاً ألفاً من الشريط المعتاد

إذا وضعنا قصبة من الستركنين في ٥٠٠٠٠٠ قحمة من الماء شعرنا بطعمها في كل قحمة منه . فقم كل قحمة من الماء إذا ٥٠٠٠٠٠ من قحمة من الستركنين وهذا المقدار الصغير يشع به من يد وقته وإذا ذوبنا قطعة من الفضة بقدر ١٠٠٠٠٠ من القيراط المكعب في الحامض النتريك . ثم صبناها في مثانة قيراط مسكب من الماء وإذا بنا فيها قليلاً من ملح الطعام يتعكر المذوب وبصير أبيض لبنياً ويبقى هذا اللون ظاهر العين ولو في ما يساوي ١٠٠ من القيراط المنسكب وفي ذلك من الفضة ١٠٠٠٠٠٠ فقط من القيراط المكعب

هذا وإذا فحصنا الهباء الذي نراه يسقط في البيوت من ضوء الشمس وجدنا كثيراً منه بزرنيات . فإذا وقع الزرع على أرض رطبة نما وتكونت منه العفونة . ثم إذا فحصناها بمكسكوب رأيناها غاباً كثيراً لا شجار مشتبك الأغصان حال كون العين وحدها لا تميز شيئاً من ذلك .

ففي هذه الأمثلة ندرك في صفة التجزؤ بما ستنى الذوق والبصر فإذا عجرت حاسة البصر عن أن تدركها مجردة استغنى مناع العين المكسكوب كما تقدم . ويظهر من هذه الأمثلة أن هذا التجزؤ لا ينتهي بل إن المادة تقبل الانقسام ما أصغر أقسامها ولكن رأى الفلاسفة أنه وإن كان التجزؤ لا ينتهي بالتحقيق فهو ينتهي في الواقع عند حد معين ويعرف رأيهم هذا بالرأى الجوهري .

(٨) الرأي الجوهري : هو أن المادة مؤلفة من أجزاء على غاية الصغر تسمى جواهر . وإن لكل جوهر منها شكلاً ولوناً وثقلًا ونحوها وانها تبقى على حالها أبداً فلا يلحقها تغيير طبيعي ولا كيمائي وهذه الجواهر لم يرها أحد ولا برهان قطعي على وجودها ولكنها توافق العلوم ولا سيما علم الكيمياء ولذلك أجمع العلماء على قبولها .

له الستركنين صلب من السم وهو كثير الاستعمال في الطب دواء

٥ يظهر عظم هذا العدد من الفرض الآتي وهو أنه لو ابتدأ آدم يبعد واحداً كل ثمانه من صاعده خلفه المعجودة إلى الآن ماكمل رجعة . ولو ابتدأ هو وحواء معاً في العد واشتغلا ليلاً ونهاراً على المعدل المذكور فإذا طعم الراحة الأبعد مضى نحو عشرة آلاف سنة من الآن فكيف بهذا العدد !

ويستعان على تصور هذه الجواهر وصغرها بما يأتي. ان بعض الحيوانات لشدة صغرها لا ترى بالعين ان لم تستعن بالمكسكوب فان ملايين منها تعيش في نقطة ماء صغيرة تعلق برأس الابرة مثلاً وتقوم هناك وتتكاثر وتموت كما تعيش حيوانات البر في القفار وحيوانات الماء في البحار. ويسكن بعضها على بعض ويقاتل ويفترس بعضها كالكواس والجوارح. وهي كثيرة الوجود ولها ينحدر منها مستنقع في ايام الصيف. وتصعد في البخار الذي يتصاعد عن الماء حرارة الشمس وتطير في الجو مع المياه ثم تعيش وتكثر حيثما نزلت ووافقتها الرطوبة والحرارة. ومع كل صغرها فقد نجح منها افواج لا تحصى حتى كون منها طبقات متسعة من الصخور الطباشيرية في الارض. فاذا فحصنا تربة طرابلس التي يصل بها رأيناها مؤلفة من هياكل هذه الحيوانات التي لا يساوي وزن هيكلي منها اكثر من ١٠٠٠٠٠٠ من القيمة وكذلك اذا فحصنا الطباشير رأيناها مؤلفة من اصناف دقيقة على غاية الصغر. فالذي يفكر في صغر الحيوانات التي كانت عاشية فيها يكاد يعجز عن ادراك اجسامها بجلتها. فكيف اذا قيل له ان لكل حيوان منها معدة او اكثر لمضم طعامه والاغتذاء به وان طعامه لا يدخل في معدة ولا يغذي به الا بعد ما يدور في اقنية متعددة في جسمه. ثم لا يخفى ان طعام هذه الحيوانات مؤلف من دقائق سائلة ودقائق جامدة كاطعمة باقي الحيوانات فمنه الدقائق هي بالضرورة اصغر من كل ما ذكر حتى يكاد صغرها لا يدرك. ولكن قاص ذلك متوافقة من اجزاء اصغر منها وهي الجواهر التي تتألف منها الدقائق كما تقدم.

(٩) المسامية: المسامية هي كون الجسم ذات مسام كبيرة كانت حتى تراها العين كما في ثقوب الخبز والاسفنج والفخار وصغيرة حتى لا تراها العين كما انها لا ترى الجواهر وسبب وجود المسام في الاجسام هو ان دقائق الجسم لا تلتصق بعضها ببعض التصاقاً تاماً بل يبق بينها فسيحات صغيرة فاصلة بين دقيقة واخرى

(١٠) المسام والجواهر: ان المسام الصغيرة وان تكن لشدة صغرها لا ترى بالمكسكوب فهي اكبر من الجواهر بما لا يقاس. فلو تصورنا ان في المسام حيواناً صغيراً جداً بحيث يعيش على جوعر من الجواهر كما يعيش انسان منا على الارض. وفرضنا ان ذلك الجوهري واقع في وسط حجر لكان الحيوان المشار اليه يرى اقرب الجواهر اليه بعيدة

جداعته كما نرى نحن الشمس والقمر والنجوم وبما كان يحتاج لمعرفة تلك الجواهر
نظارات كبيرة كما يحتاج نحن إليها لمعرفة الأجرام السماوية. فيظهر من ذلك
اتساع المسام بالنسبة إلى الجواهر. وتتضح المسامية بالأمثلة الآتية
أولاً. إذا ملأنا كأساً ماءً يمكن أن نزيد هائلها كثيراً دون أن نشعر بزيادة حجم الماء وإنما ينبغي
أن نزيد الملح شيئاً فشيئاً لئلا يذوب ويغلت الهوائ منه في ثقائيع. ثم يمكن بعد هذا أن نزيد كثيراً من دقيق
السكر وبعد ذلك جسم آخر قبل الذوبان ويبقى الماء قد رما كان أولاً. والسبب في عدم ازداد الماء هو أن
دقائق السكر أصغر من دقائق الملح ودقائق الملح أصغر من دقائق الماء فتحل دقائق الملح في المسام التي
بين دقائق الماء ودقائق السكر في المسام التي بين دقائق الملح. كما إذا ملأنا صحناً برتقالاً فإنه يسع فوقه
كثيراً من الحمض وفوق الحمض مقداراً من الحمض الصغيرة وفوق الحمض رملاً وفوق الكل قليلاً من الماء
ثانياً. أخذ بعض أهل فلورنسا بايطاليا كرة مجوفة من الذهب وملأها ماءً ثم سد حاسداً محكماً
وضغطها من الخارج فتسطحت قليلاً وصغر حجمها فخرج الماء من مسامها وتجمع على سطحها نقاط
الندى. فتمتق من ذلك أن الذهب ذو مسام ومسامه أكبر من دقائق الماء. وكان ذلك في القرن
السابع عشر.

ثالثاً. أن الذين يريدون تجربة المدافع الكبيرة يصفطون الماء فيها حتى يرتفع من مسامها ويصير
زبداً على سطوحها ثم يجمع ويقطر عنها.

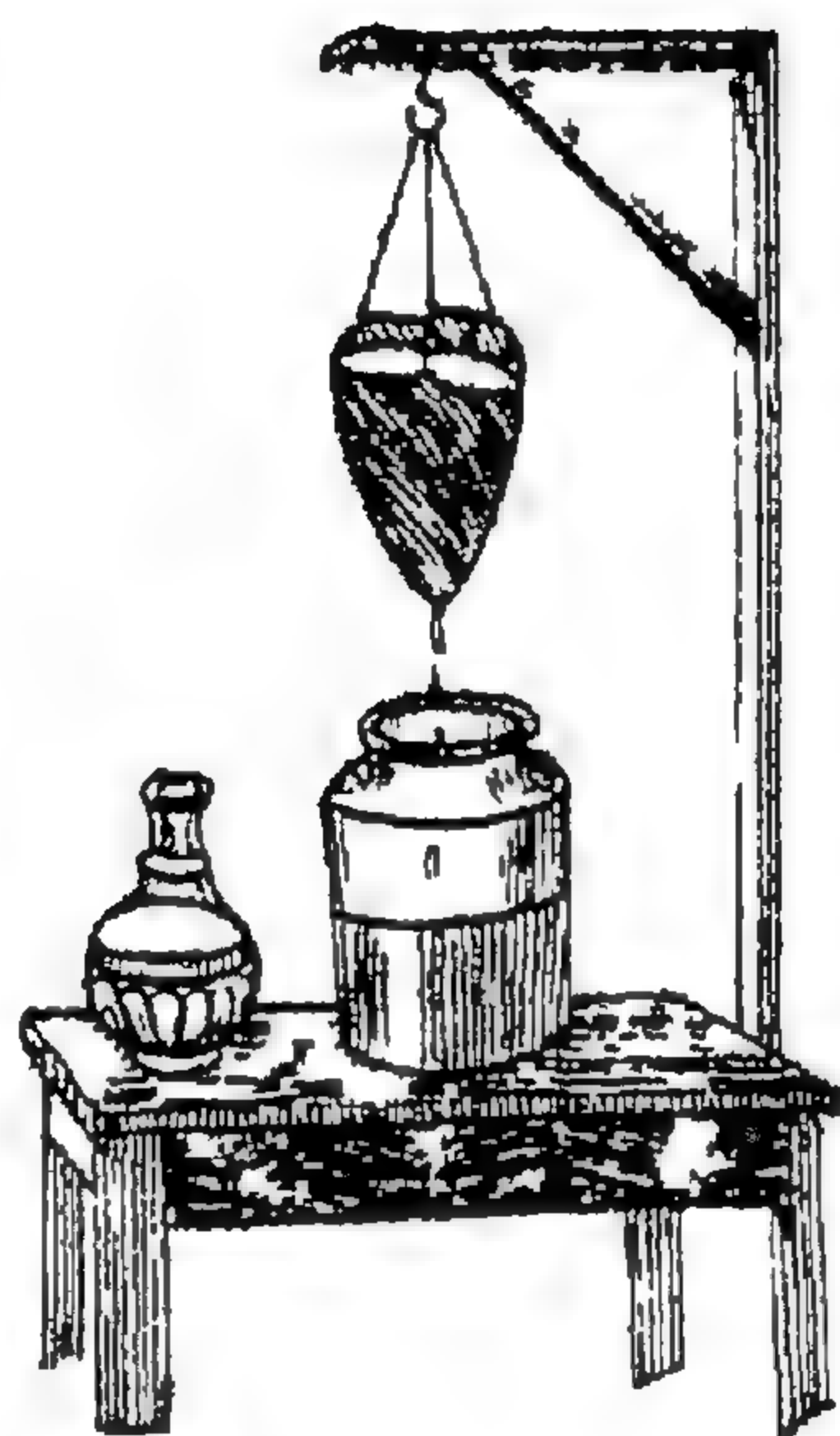
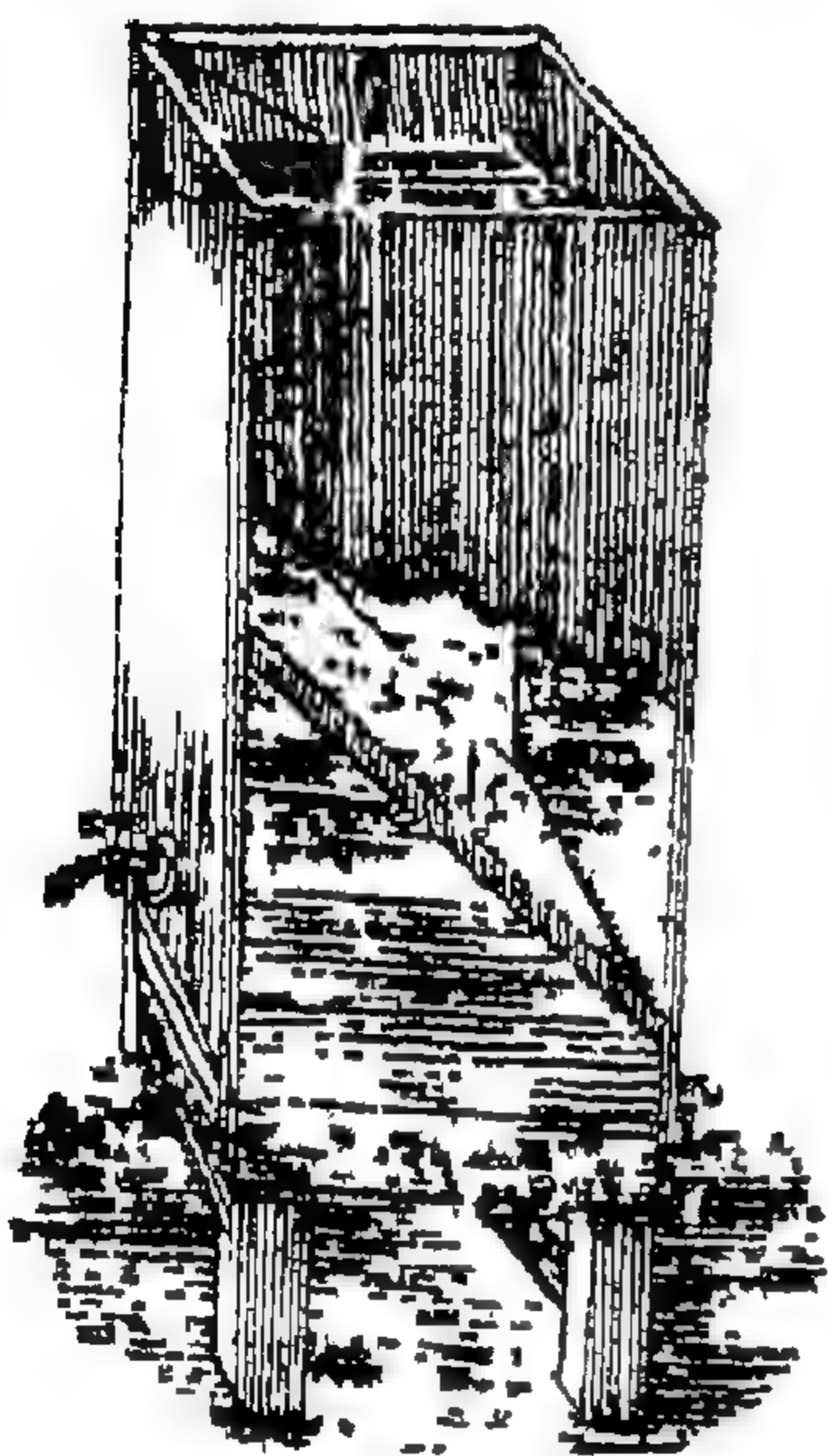
رابعاً. أن الأعمدة الحجرية والقناطر تضغط أحياناً فتنقص إذا كانت تحت بناء عظيم لزيادة ثقله. قيل
أن أعمدة الباشيون في باريس قد قصرت بسبب ما عليها من الثقل.

خامساً. إذا طمرت النار في الرماد لا تنطفئ لأن الرماد ذو مسام فيدخل منها ما يكفي من الهواء
لاشعال الفحم اشعلاً بطيئاً فلا ينطفئ

سادساً. أن الكهاتين والصيدالة والعطارين وغيرهم يتفحصون بالمسامية في ترشيح المواد
وتصفيتها لأن الترشيح لا يصلح إلا إذا كانت ذات مسام كما هو معروف. فيوضع فيها السائل المراد
له الباشيون ومعناها كل الإلهة اسم كل بناء مستدير يفرز لعبادة جميع الإلهة وقد يطلق الآن على الابنية
المستديرة المفرزة بجميع القديسين أو لغير ذلك. أشهرها الباشيون الذي بناه أغريابرومية سنة ٢٥ قبل
المسيح

تصفيته فتتزل دقاته من مسامها وتبقى فيها المواد الجامدة كالعكروحة . وعلى هذه
الكيفية يصفو الماء في الطبيعة من الأكدار والأقدار لأنه يتخلل الحصى والرمل وينفذ
من الخلايا التي بينها تقياً صافياً . وعلى هذه الكيفية أيضاً يصفون الماء في الحياض فانهم
يقسمون الحوض في الوسط ويضعون في الجانب الواحد رملًا وخملاً وفي الجانب الآخر
الماء فيجري الماء من خلال الرمل والخم ويشتق . وهكذا تصنع المراتب الصغيرة أيضاً
هي عبارة عن صندوق يملأ حصى وخملاً قليلاً منه وفي أعلاه وعاء يصب فيه الماء
فيتحلب إلى أسفل الصندوق ويخرج من هناك مجنفية كما ترى في الشكل الأول

سابعاً . ان



الشكل ١

الغازات اجسام
ذات مسام كما يظهر
من اننا اذا ملاًنا وعاء
غازاً من الغازات
فالوعاء يبع غازاً
غيره ايضاً وهو لا
كان الغاز الاول
غير موجود . بسبب

ذلك هو ان دقائق الغاز الثاني تدخل بين دقائق الغاز الاول وتستقر هناك وهذا معنى قولهم
الغاز الواحد فراغ للآخر .

(١١) الاستمرار : الاستمرار هو بقاء المادة على حال واحدة من الحركة او
السكون لانها لا تقدر من نفسها ان تتحرك اذا كانت ساكنة ولا ان تسكن اذا
كانت متحركة . فاذا تركنا كتاباً في مكان ثم رجعنا ولم نجد عليه ان شيئاً
اخذ من مكانه لانه لا يقدر ان ينتقل من ذاته . وكذلك اذا رمينا حجراً
فالحجر يبقى متحركاً الى الابد ان لم يعرض له ما يوقفه عن حركته . على ان لم

يتفكر في ذلك يظن ان كل الاجسام من طبعها السكون فاذا قيل له ان الكتاب لا ينتقل من نفسه بل يبقى ساكناً سلم بدوها واما اذا قيل له ان الحجر يبقى متحركاً الى الابد اذ لم يوقفه شئ آخر استصعب تصديق ذلك لان المشاهدة تدله على ان الحجر يسكن بعد ما يتحرك . والصواب ان الحجر لا يسكن الا لاسباب تقاومه عن الحركة كما سيأتي مفصلاً . ويتضح الاستمرار بالامثلة الآتية -
 اولاً - اذا كانت عربة ساكنة و اردنا ان نمشيها لزم لذلك قوة عظيمة حتى يتغلب استمرارها على السكون ولكن اذا تحركت لم يعد يلزم لتمشيها كل تلك القوة . واذا اردنا ان نوقفها وهي جارية التزمنا ان نبذل لذلك من القوة ما بذلناه لتمشيها وهي ساكنة
 ثانياً - اذا كانت عربة جارية وقفر منها انسان يخشى عليه ان يضرب نفسه وذلك لان سرعة جسده تكون كسرعة العربة بسبب الاستمرار فتقلامست قدماه الارض تقفان واما جسده فيبقى مسرعاً سرعة العربة فيقع . وذلك لا يامن الانسان ضرر القفر الا اذا قفز الى الجهة الجارية اليها العربة ولم يقف عند ما تلا مس قدماه الارض بل ركض قليلاً حتى يتغلب على استمرار جسده فيدور حيث يشاء ثانياً - اذا انقضت ثوباً من الغبار بعد الثوب بغتة بحركة النفث السريعة عن دقائق الغبار المنصقة به وتبقى دقائق الغبار في موضعها بسبب استمرارها على السكون فتفصل عنه . وكذلك اذا اردنا ان تنفض كتاباً نضيه بأخر فيتحرك هو وما عليه من الغبار حركة سريعة ثم انه يقف بملاسة الكتاب الاخر له واما الغبار فيبقى متحركاً بالاستمرار فينفصل عنه -

مسائل للمتمرنين : اذا ركض فارس بفارس ثم وقف بغتة فالى اى جهة يسقط الفارس اذا وقفنا في قارب فلماذا نميل الى الراء عند ما يتدنى القارب في السير . اذا طاردنا مطاردة فلماذا انجم منه بالتعرج عن جهة الركض . اذا دارت عربة بزاوية فلماذا يخشى انقلابها . اذا وضعت كرتونة على اصبعك ووضعت على الكرتونة درهماً يمكنك ان تدفع الكرتونة ويبقى الدرهم على اصبعك فما تعليل ذلك . لماذا لا يبقى ما على راحة الخباز من الخبز في فرن النار اذا ادخلها الى الفرن ثم سحبها بسرعة . اذا اردنا ان نفقر قفراً

كبيراً قلماً إذا نطيل الجوى قبلة - إذا ركبتم فرساً كيف قيل عند ما تركضه أو توقفه أو تدبره في دائرة

(١٢) البقاء أو عدم الملائمة : هو كون المادة لا تفنى إلا بامر خالقها فمما فعلنا بها إلا نلا شيها وإنما نغيرها من صورة إلى أخرى . فإذا قطعنا شجرة مثلاً ثم نشرناها الواحاً وبيننا من الألواح بيتاً فاحترق البيت ولم يبق منه إلا الرماد لا تفنى المادة بل تبقى جواهرها نفسها في الرماد وما تصاعد عنه من الدخان وغيره ولا تتغير تلك الجواهر لو ناولنا ثقلًا خلاً للقدماء فانهم كانوا يزعمون أن الجسم إذا احترق يتلاشى بعض مادته حتى اوضح فساد ذلك الفيلسوف لا قوازي بأن حرق جسمًا وجمع كل ما تطاير عنه وما بقي منه ووزنه فلم يجد فيه نقصاً

(١٣) الانضغاط : هو تضيق المسامية أي تقرب دقائق الجسم بواسطة ضغط بعضها إلى بعض حتى تصغر الفسح بينها فلا انضغاط بدون مسامية فهو دليل عليها وتمنازية الغازات لأنها تنضغط أكثر من الجوامد والسوائل وأما الجوامد فيلزم لضغطها قوة أشد من القوة التي تنضغط بها الغازات . وأما السوائل فلا تكاد تنضغط على الإطلاق ولذلك انكر الناس انضغاطها زماناً طويلاً . وهي وإن كانت تنضغط لم يقدر الإنسان أن يستخذم انضغاطها لعمل من الأعمال -

(١٤) الثقل : هو صفة من صفات المادة العامة ولكنه ليس لازماً لها إذ يمكننا أن نتصور مادة لا ثقل لها . وهو نتيجة الجاذبية فلولها

له يحكى أن السورتر رأى كان ذات يوم يدخن عند اليصابات ملكة الانكليز فقال لها اني اشارك على معرفة ثقل هذا الدخان الصاعد عن غليونى فشارطته على ذلك فلما فرغ وزن ما بقى في غليونته من الرماد وطرحه من وزن التمع الذي وضعه في غليونته فبقى وزن الدخان . قيل فقامت الملكة بما تعهدت به فرحة بانها قد تعلمت شيئاً عن البقاء -

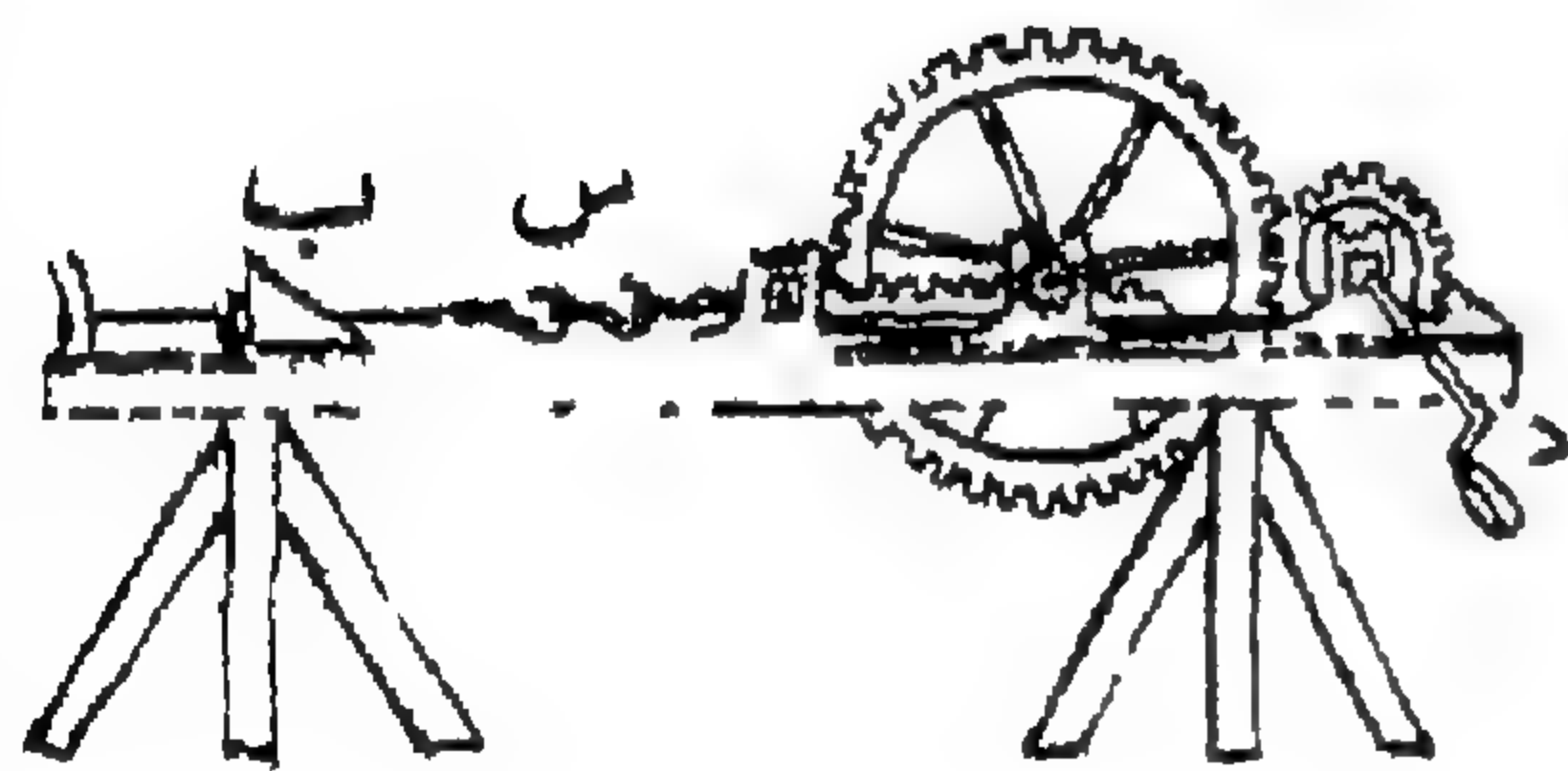
الدروس الأولية في الفلسفة الطبيعية ١١ الباب الأول الفصل الأول في صفات المادة الطبيعية

لم يكن للأجسام ثقل ولو كان في الكون جسم واحد
فقط ما كان له ثقل لعدم وجود ما يجذبه
إلى جهة من الجهات وسيتم ذلك
بالتفصيل إن شاء
الله

الفصل الثاني

في صفات المادة الخاصة

(١٥) اننا تكلمنا في ما سبق عن اشهر صفات المادة العامة والآن نتكلم عن صفاتها الخاصة فنقول . الصفات الخاصة هي التي تختص ببعض الاجسام دون البعض الآخر . واشهرها الانسحاب والانطراق والصلابة والمرونة والقساوة والانقصان . وكلها حاصلة من تكيف جاذبية الملاصقة تكيفات شتى . وسيأتي الكلام على جاذبية الملاصقة (١٦) الانسحاب : هو كون الجسم ينسحب شريطاً وهذه صورة آلة لسحب الحديد شريطاً



الشكل ٢

فالحرف ب يدل على صورة صفيحة من الفولاذ مثقوبة ثقوباً متناقص في الأقطار بالتدريج . والحرف ا على صورة قضيب من الحديد مرأس من احد طرفيه حتى يدخل في الثقوب . وبعد دخوله بمسك

بكلابيين س ويدار الد ولا ب بالمقبض فيسحب الكلابان القضيب فيستدق ويستطيل ثم يدُخل في ثقب اضييق من الثقب الاول ويسحب كما سحب اولا . ثم يدُخل في ثقب آخر اضييق من هذا وهلم جرا حتى يصير في الثخن المطلوب . وتختلف سرعة السحب من قد مر الى ست اقدام في الثانية حسبما يراد شكل الشريط ونوعه وتدن من الثقوب جيداً بدهن او شحم وبعد ما ينسحب القضيب بضع مرات يقل انسحابه قليلاً باحاطة في الكور ثم يترك ليبرد ويؤخذ فيصير شريطاً . وكلما ازداد الحديد سحبا زاد صلابته فاذا كان قضيب منه مقطوعة ربع ويراط مربع يحمل مئة وعشرين قطاراً فاذا انصب شريطاً غليظاً حمل مئة وستين قطاراً واذا انصب شريطاً دقيقاً حمل ثلاث مئة وستين قطاراً

واعلم ان الذهب والفضة واللآلئ اقبل المعادن اسمياً . فاذا البسنا قضيباً من الفضة غلظه قيراط ورق الذهب ينسحب حتى يصير دقيقاً كالشعرة ويبقى الذهب عليه منسحباً معه وعلى ما تقدم يمكن ان ينسحب ٣٦ درهما من الذهب حتى يذهب بها طول مئة ميل من خيوط الفضة او النحاس المذهبة التي يطرز بها . ومع ان اللآلئ اثقل من الحديد فثلاث مرات ينسحب شريطاً دقيقاً الى الغاية حتى تبلغ القيمة منه طول مئة ميل . والنحاس ينسحب كثيراً ايضاً فانهم ينسحبون من شريطه نسيجاً كالشباك دقيقاً جداً بحيث يكون فيه سبعة وستون الف حُرْب في مساحة قيراط مربع .

(١٤) الانطراق :- هو كون الجسم قابلاً للتطريق والتصفيع . واشد المعادن انطراقاً الذهب فانه ينطرق حتى يصير دقيقاً كالورق ويعرف حينئذ بورق الذهب وهذه طريقة اصطناعه .

تؤخذ سبيكة من الذهب وتكرر مراراً كثيرة بين اسطوانتين من الفولاذ تدوران قويتين احدهما من الاخرى فاذا كان وزن السبيكة اثني عشر درهماً تنطرق حتى يصير عرضها قيراطاً وطولها خمس عشرة قدماً . ثم تقص قطعاً طول القطعة منها قيراطاً ويؤخذ منها مئة وخمسون قطعة وتوضع مع قطع من الورق الشديد مساحة القطعة اربعة فراريط مربعة بحيث تلي كل قطعة من الذهب قطعة من الورق . وبعد ذلك تمخبط خطاً شديداً بطريقة ثقيلة حتى تنطرق قطع الذهب وتصير كقطعة الورق في الاتساع . فتقُرُ من بين الورق و تقص كل قطعة منها الى اربعة اقسام فتصير ٦٠ قطعة . ثم توضع كلها في جلد يستعمله طارقي الذهب وتمخبط ثانية وتشر بالتفرد عليها وتقص ايضاً كل قطعة منها الى اربعة اقسام فتصير ٢٤٠٠ قطعة . ثم تؤخذ هذه وتمخبط ثالثة وتخرج وتشر وتقص وهكذا حتى يصير سمك ٣٦٠٠٠ ورقة منها معاً قيراطاً واحداً . فتسوى حينئذ وتوضع خمساً وعشرين خمساً وعشرين بين اوراق كتب صغيرة :- ومن الاجسام المنطوقة جداً النحاس الاحمر فان النحاس يصطنع مغرفة محوكة بحكمة بتطريق كتلة غليظة منه .

١٥ الپلائين معدن ابيض اللون كالفضة وهو اثقل جميع المعادن واقسى من الحديد .

(١٨) الصلابة : هي كون الجسم يعسر تفريق اتصاله او مطه . واصلب المعادن الحديد فان شريطة منه قطرها ٨٠٠ من القيراط تحمل ثقل ٣٥٠ ليرافلويد لنا شريط الحديد بشريط رصاص من ثخنه لا تقطع بثقل ٢٨ ليرافلو فقط .

(١٩) المرونة : هي رجوع الجسم الى حالته الاصلية بعد ما يكون مضغوطا او مطوطا او مفتولا فهي على ثلاثة انواع مرونة الضغط ومرونة الاسط ومرونة القتل . ولنشرح هذه الثلاثة الانواع بالتفصيل .

(٢٠) مرونة الضغط : اولاً ان كثيرا من الجوامد يظهر مرونة الضغط فيه بوضوح تام فمن ذلك سيف عري في معرض بلندن كان يلتوى حتى لمس رأسه مقبضه ولا ينصف ويرجع مستقيما كما كان حالما يرفع الضغط عنه . ومن ذلك العاج وتظهر مرونته هكذا : ادهن سطحاً صقيلاً مستويا من الرخام بزيت ثم ارم عليه كرة من العاج فتترك الكرة اثرها استهيا على سطح الرخام وهذا الاثر يتسع كلما زيد العلو الذي ترمى الكرة منه . وذلك دليل على ان كرة العاج تنضغط عند ما تمس الرخام فتتسطح كما تتسطح طابة الهواء اذا اصابها حائط او نحو ذلك ثم ترجع بالمرونة الى حالتها الاصلية فتندفع عن سطح الرخام كما تندفع الطابة راجعة عن الحائط . اما اللاقونة والدلغان والهيمن ونحوها فقليلة المرونة .

ثانياً ان السائلات لا تنضغط الا بصعوبة كلية ولكن اذا ارتفع الضغط عنها ترجع الى حالتها الاولى فهي اذا مرونة قليلاً .

ثالثاً ان الغازات تنضغط بسهولة وهي تامة المرونة . فاذا ضغط جسم سطح الماء وكان ضغطه لكل قيراط مربع من الماء يساوي ثقل ٥ ليرافلو يصغر حجم الماء الى ٢٠٠٠ منه فقط

له ويتضح ذلك من الجدول الآتي وهو عبارة عن انضغاط السائلات المذكورة فيه تحت

هواء ثقله ٥ ليرافلو على كل قيراط مربع

الماء ١٠٠٠٠	الايتز ١٠٠٠٠	الكلور فورم ١٠٠٠٠
الزئبق ١٠٠٠٠	الكحول ١٠٠٠٠	ماء البحر ١٠٠٠٠

وأما إذا انتقل ذلك الضغط إلى غاز فان حجمه يصغر إلى نصف ما كان أولاً. ويمكن ان يترك
الغاز سنيين منضغطاً ثم يرجع كما كان حالما يرفع الضغط عنه -

(٢١) مرونة المط : هذه تشاهد كثيراً في الأجسام وقليل في السوائل ولا وجود لها في
الغازات . مثلاً في الأجسام - إذا مط المغيط وترك يرجع حالاً كما كان وإذا لم يترك بقيت شاذة
طالبا الرجوع إلى ما كان عليه - إلا أنه هو وبقيّة الأجسام إذا مطت زماناً طويلاً تفقد مرونتها
شيئاً فشيئاً ولذلك يرهى الموسيقيون أوتار آلاتهم إذا لم يريدوا ان يضرىوا عليها فلا ترتجى . ومثلاً
في السوائل - إذا كان على فم قنينة نقطة ماء ومسنناها بقضيب من الزجاج تمط قليلاً
ثم إذا تركناها ترجع بالمرونة نقطة مستديرة كما كانت . وأما الغازات فلا يظهر فيها شيء
من ذلك

(٢٢) مرونة القتل : هي صفة لبعض الأجسام بها يرجع الخيط إلى حاله الأولى بعد
قتله وكذلك الشريط بعد لبه . وهي كبيرة المنفعة في العلوم الطبيعية لأنها دقيقة القياس
فمقاس بها بعض القوى بدقة عظيمة كما سيذكر في باب الكهرباء -

(٢٣) القساوة : هي كون الجسم لا يذ عن للضغط إلا بصعوبة فيقال
عن جسم أنه أقسى من غيره إذا كان يخذ شه أو ياكل منه . والقساوة
لا تتوقف على الكثافة فالذهب مثلاً أكثف من الحديد ولكن الحديد
أقسى من الذهب والزئبق أكثف من الحديد ضعفين مع ان الزئبق سائل
والحديد جامد -

(٢٤) الانقصاص : هو كون الجسم سهل الكسر وكثيراً ما يكون في الأجسام
القاسية كالزجاج فإنه يخذش الحديد ولكنه سهل الكسر جداً -

له الكثافة هي مقدار المادة في جرم مفروض فيقال ان هذا الجسم كثيف إذا كانت مادته كثيرة و
دقيقة محشودة متقاربة . وضوء اللطيف وهذا يقال غالباً عن الغازات كما ستعلم -



الباب الثاني

في الجاذبية

الفصل الأول

في قوتها الجذب والدفع بين الدقائق

(٢٥) تسمى هاتان القوتان بقوتى الدقائق لانها توجدان في دقائق المادة و
تفعلان على ابعاد لا يشعر بها الصغر كما يتضح مما يأتي : اذا اردنا ان تكسر
حديدة نحسر عليها ذلك لان بين دقائقها قوة تمسكها بعضها ببعض بحيث
تبقى متلاصقة وتقاوم قوتنا . وكذلك اذا اردنا ان نضغطها وجدنا ان بين
دقائقها قوة تبعد بعضها عن بعض وتقاوم قوتنا مع ان انضغاطها ممكن
لابتعاد دقائقها بعضها عن بعض بسبب المسام التي بينها . فيستنتج من ذلك
ان بين دقائق المادة قوتين متضادتين احدهما تجذب الدقائق بعضها نحو
بعض وتسمى قوة الجذب والاخرى تدفعها بعضها عن بعض وتسمى قوة
الدفع . اما قوة الدفع فتقوى بالحرارة لانتاجها لثجة مثلثية قوة الجذب
تتناقص بين دقائقها وقوة الدفع تترادى حتى تصير الثلجة ماء اى حتى
يصير الجامد سائلا وتتغلب قوة الدفع بزيادة الحرارة حتى يصير ذلك الماء
بخارا . ثم اذا ابطنا الحرارة ويرد البخار يصير ماء ثم ثلجا فيرجع جامدا كما كان .

لله القوة هي ما يحدث الحركة او يبطلها كما سيبحث .

(٢٦) قوة الجذب : واما قوة الجذب فعلى ثلاثة انواع جاذبية الملاصقة وجاذبية الالتصاق والالفة الكيماوية . اما الالفة الكيماوية فتغير الاجسام تغييرا كيمياويا والبحث عنها يختص بعلم الكيمياء فلا نتعرض لها هنا . واما جاذبية الملاصقة فهي القوة التي بها تلتصق دقائق نوع واحد فقط من المادة بعضها ببعض وبها يتعلق ما يأتي . واما جاذبية الالتصاق فسيأتي الكلام عليها .

(٢٧) حالات المادة الثلاث : المادة اما جامدة او سائلة او غازية . وهذه الحالات الثلاث تتوقف على قوة الجذب وقوة الدفع وبعبارة اخصر على جاذبية الملاصقة والحرارة . فاذا كانت قوة الجذب اشد من قوة الدفع في جسم فلك الجسم جامد . واذا كانت قوة الجذب مساوية تقريبا لقوة الدفع فاجسم سائل . واذا كانت قوة الجذب اضعف من قوة الدفع فاجسم غازي . وكل الاجسام يمكن ان تتحول من حال الى اخرى من هذه الحالات الثلاث فاذا سخن اجساما جامدا كالتلج تحول الى ماء اى الى سائل ثم الى بخار اى الى غاز . وبالعكس اذا بردنا البخار تحول الى ماء ثم الى تلج . واكثر اجساما يتحول بسهولة الى السيولة وبعضها يتحول غازا بدون ان يتحول الى السيولة قبلا .

(٢٨) ان جاذبية الملاصقة تفعل على ابعاد لا يشعر بها ويتضح ذلك من الامثلة الآتية .

اذا اخذنا رصاصتين وقصصناهما حتى تسطحنا ثم ضغطنا الواحدة على الاخرى وادرناها عليهما لم ينفكوا عن بعضهما بعضا . واما كروكس الانكليزي تجارب عديدة امام المجمع الملكي تشير الى وجود حال رابعة للاجسام وراء الغازية .

لم يتحول غاز الاكسجين والهيدروجين الى حالة السيولة الا في اواخر كانون الثاني سنة ١٨٦٩ . وتجارب بكفي السوبري وكليتي القر نساي تثبت بالتجربة ان كل الاجسام قابلة للتحويل من حال الى حال .

أقليل لا نرى أنهما يلتصقان عند ما تقترب دقائقها بعضها إلى بعض وتظهر متماسة . فالصفا
الرصاصتين لا يحدث إلا بجاذبية الملاصقة التامة بين دقائقهما : وكذلك إذا اتفق أن
لوح زجاج وقع على لوح آخر فقد يلتصقان أحدهما بالآخر بجاذبية الملاصقة فيقطعها الزجاج
ويصقلهما معاً كأنهما لوح واحد : وإذا قربنا نقطتين من الزئبق أحدهما إلى الأخرى بقيتا
منفصلتين حتى تتماسا فينبثق تمدان حالاً وتصيران نقطة واحدة : وإذا قشرنا قطعتي
مغيط وأحيناها قليلاً ثم ضغطنا الواحدة على الأخرى تمدان وتصيران قطعة واحدة -
(٢٩) لحم الحديد : ويتضح ذلك أيضاً من لحم الحديد . فإذا انقصفت
قضيب من الحديد بيد الحديد واداد ان يلجمه بحميه من طرف في الكسر إلى درجة
البياض أي حتى يبيض من شدة الحرارة فبذلك تضعف جاذبية الملاصقة
فيسهل على الدقائق ان تتحرك بعضها على بعض . ثم يضع أحد الطرفين على الآخر
ويطرقها بمطرقة ثقيلة إلى ان تتقارب الدقائق وتصير جاذبية الملاصقة فيها قادرة
على ربطها معاً فيلتحم القضيب ويرجع قطعة واحدة كما كان . ولا يلتحم كالحديد
الاليلاتين لأن غيرهما من المعادن إذا احمى يذوب قبل ان يبلغ درجة البياض
وأما الزجاج فيلتحم مثلها وكذلك الكوتا برخا إذا سخن في الماء كما يفعل صناع اسنان
العارية والعجين والشمع والزبدة ونحوها من الأجسام -

(٣٠) السائلات تتجمع في اشكال كرويية : امزج ماءً بالكحول فإذا
القيت في مزيجها نقطة من الزيت تثبت في وسطه . فحينئذ لا تجذب
الأرض نقطة الزيت بل دقائق النقطة تتجاذب فتتحرك وتترب
بحيث يصير شكلها كروياً . وكل السائلات تتجمع في نقط مستديرة
إذا تركت لنفسها كما يشاهد في قطرات الندى والمطر والزئبق في عمل الخردق

له الكوتا برخا جسم كما يغيط يصنع من عصير بعض الاشجار وهو كثير الاستعمال على صورة انابيب تجر الماء إلى غرف
البيوت ونحو ذلك - له الخردق مركب من نحو جزء واحد من الزئبق لكل مئة جزء من الرصاص . ويصنع في اوج
علو بعضها نحو مئتين وخمسين قدماً . وكيفية عمله انهم يذوبون المركب على رأس البرج ثم يصبونه في

وما أشبهه . وسبب ذلك هو ان جاذبية الملاصقة تجذب الدقائق الى جهة مركز النقطة فلا تزال الدقائق تتحرك حتى تترتب على صورة كروية لا حينئذ تتساوى جاذبية الملاصقة على دقائقها السطحية اذ الجذب الكروي يكون كل جزء من سطحه على بعد واحد من مركزه

(٣١) الجوامد تكون بلورات قياسية : اذا تحول جسم سائل الى جسم جامد اتخذ على الغالب شكلا منتظما لان جاذبية الملاصقة لا تتركه دقاته تتجمع بعضها على بعض بلا ترتيب بل ترتبها وتجمعها في اشكال هندسية على غاية الجمال والاتقان . وتعرف هذه الاشكال بالبلورات ويعرف تحول الجسم السائل اليها بالتبلور . ثمان كل نوع من المادة له بلورات ذات شكل وزوايا خاصة به فبعض المادة بلوراته طويلة دقيقة كالابر وزواياه صغيرة والبعض الآخر بلوراته مكعبة وهلم جرا . ومن النظر الى اشكال هذه البلورات وزواياها يعرف نوع مادتها فلوزدوبت اجسام مختلفة في وعاء واحد ثم جمدت وتبلورت لا يمكن فاخص بلوراتها ان يعرف تلك الاجسام باختياريه السابق من دون ان يكون قد علم بوجودها في المذوب . ومن يتأمل في حسن اشكال هذه البلورات ودقة صنعها وكمال اتقانها ورواقها يحار عقله مما فيها من حسن الذوق و احكام العمل ويقر بعجزه . الا ترى بهاء الماس والعقيق والياقوت وسائر الحجارة الكريمة

مصاف فينزل من ثقبها وتجمع نقاط مستديرة ويعبد وهو نازل ويقع في يديها صنعت لتتلاقح بعض ذراتها حق لا يصطنع بمجسم جامد فتغير كرويته وليبرديها . ثم يخرجونه منها ويضعونه في اسطوانة دائرية مثقوبة ثقوبا متفاوتة في الصغر والكبر فينزل الصغرى من ثقوبها الصغار والذى الكبر منه من ثقوب او سع وهكذا يجمع انواعا انواعا . ثم يضعونه مع الرصاص الاسود على دواليب سميكة الدوران فيحنك بالرصاص فيصقل . ثم يدحرجونه على سطوح مائلة موضوعة قريبة بعضها من بعض فاذا كانت الخردقة محكمة الاستدارة قفزت من سطح الى آخر والا قصت عن ذلك . وقد يدحرجونها على سطح واحد مائل فالستديرة تدحرج الى اسفله والبقية تدحرج عن جوانبه فلا تبلغ اسفله -

فهذه كلها بلورات صاغتها الطبيعة بامر بارئها على مثال الحسن والاحكام
ومثلها رفع الثلج والصقيع فان الانسان اذا نظر الثلج على الارض متغلظا
متلبدا حسب بلا شكل ولا ترتيب ولكنه اذا اتمعن النظر فيه وجد مؤلفا
من بلورات متعددة الاشكال غريبة التركيب على غاية الاتقان والترتيب
وكذا لك من يراقب سطح الماء وهو يجرد يرى البلورات فيه تتوهم من جوانب
الوعاء مرتبة في اشكال حسنة. واكثر تواب الارض مؤلف من بلورات متكررة
او متخللة من تأثير الماء والصقيع ونحوهما في صخورها.

ومن رام ان يراقب البلورات ليعرف كيفية تكونها معرفة واضحة فعليه
ان يصطنعها بنفسه. فمن جملة الطرق التي تصنع بها ان يضاف الشب الى الماء
السخن حتى لا يعود يذوب شي منه في الماء ثم يمد على وجه الوعاء خيوط
من جانب الى جانب ويتراكم الماء حتى يبرد. فتكون حينئذ بلورات جميلة
ذات ثمانية اجناب على الخيوط وجوانب الوعاء. وكلما طالت مدة التبلور كانت
البلورات اكبر. وعلى ذلك تكون البلورات الكبيرة التي تكونت في الطبيعة
قديمة العهد جدا. واما بعض الاجسام فتجمد ولا تتبلور كالزجاج والشمع
ونحوهما

(٣٢) ان تقسية المعادن (السقي) وتليينها يؤخذان خاصة عجيبية من
خصائص جاذبية الملاصقة فاذا حمينا حديد ثم غطيناه في الزيت او الماء
تصير قاسية قصفة وبالعكس اذا حميناها وبردناها تدريجا فانها تصير ليونة
لينة ومن الغريب ان النحاس الاحمر يصير قاسيا قسفا بما يصير به الحديد
لينالذنا وبالعكس. والمظنون ان ترتب دقائق المعادن وقت تصال الناتجة
عن ذرات الترتيب يتوقفان على المدة التي يتركون فيها ما القوا ذقيقسي باحاثه الى درجة البياض
وتبريده سريعا ثم يلين باحاثه وتبريده تدريجا وكلما زاد احساؤه زادت ليونته

له يراد باللين هنا خلاف القاسي وباللينة خلاف القصف.

(٣٣) نقط روبرت : هي نقط من الزجاج الذائب تقطر في الماء فتبرد بسرعة ويجهد خارجها متبدلاً وتبلوراً قياسياً. وأما باطنها فاذا لا يجد مكاناً ليمتد فيه يضغط خارجها ولكنه لا يقدر ان يشقه لانه يكون قد تصلب بحيث لا ينكسر ولو طرقت بمطرقة فاذا كسر قسم صغير من ذيولها تكسرت كلها وتطايرت قطعاً صغيراً -

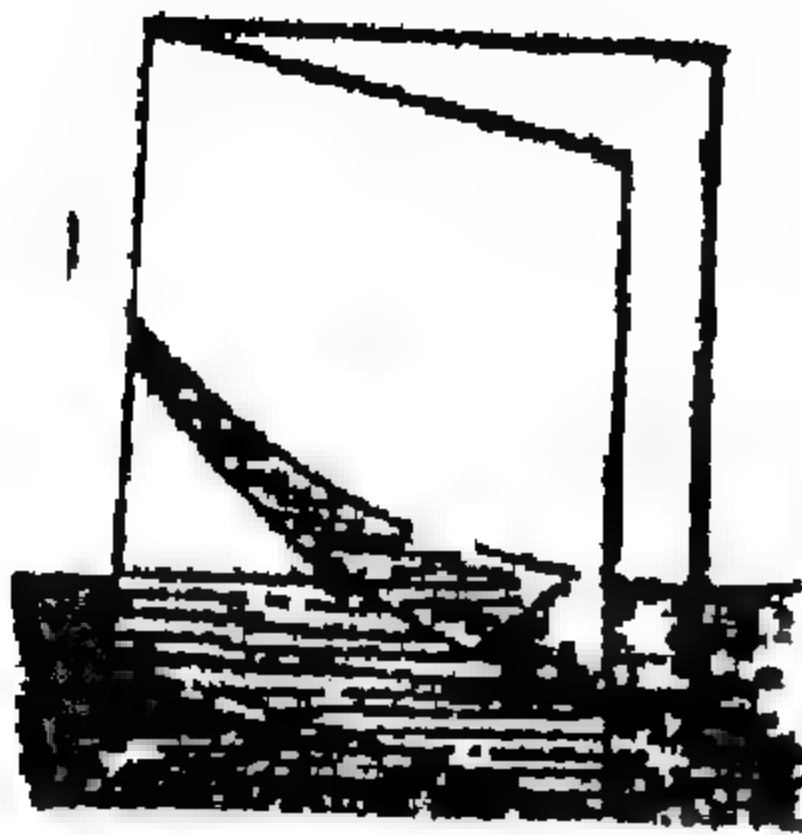
(٣٤) مسائل للتمرين : (١) لماذا لا تقدر ان تلحم قطعة حديد وقطعة نحاس معاً. (٢) لماذا يكون قضيب الحديد اقوى من قضيب الخشب. (٣) اذ الحمت قطعة من الحديد جيداً فلماذا تصير اقوى مما كانت قبلما انقصفت. (٤) لماذا تكون نقط سوائل مختلفة متفاوتة الحجم. (٥) اذ اصببت الداء نقطاً فلماذا تكون النقط الاخيرة الباقية في القئنة اكبر مما سواها. (٦) لماذا تكون النقط اكبر اذا نزلت رويداً رويداً. (٧) لماذا تكون الانبوبة اقوى من قضيب مصمت وزنه كوزنها. (٨) اذ اذوبت قطع من الرصاص معاً فلماذا تصير كلها قطعة واحدة جامدة عند ما تبرد. (٩) ماهي السائلات التي تكون جاذبية الملاصقة فيها اعظم مما هي في غيرها. (١٠) اذكر بعض الجوامد التي تتطاير بدون ان تذوب -

(٣٥) جاذبية الالتصاق : هي القوة التي تلتصق بها دقائق انواع مختلفة من المادة بعضها ببعض لادقائق نوع واحد. مثال ذلك اننا نلتصق قطعتين من الخشب احدهما بالآخرى بواسطة الغراء وقطعتين من الصيني بواسطة الملاط وقطعتين من القرميد بواسطة الطين وقطعتين من الفضة بواسطة اللحام وقطعة من الزجاج واخرى من الخشب بواسطة اللاقونة والورق بالحائط بواسطة الصمغ. وكل ذلك بسبب جاذبية الالتصاق وبها ايضا يلصق الدهان بالخشب والغبار بالحائط والطباشير باللوح -
هذا وقد مر معنا ان الماء يتنقى من الاكدار ببروره في الفحم فربما كان ذلك

له فالفرق بينها وبين جاذبية الملاصقة انها تفعل في انواع مختلفة من المادة وجاذبية الملاصقة تفعل في نوع واحد فقط -

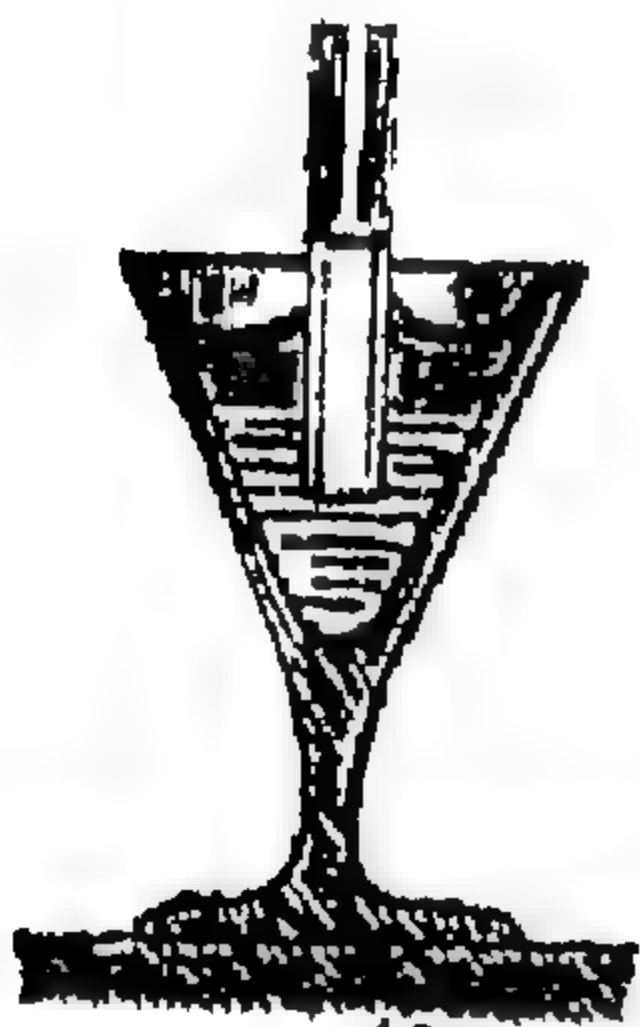
سبب ان جاذبية الالتصاق بين الالدار والفحم اشد مما هي بينهما وبين الماء :-
اذا انفخنا رغوة الصابون تكونت منها فقائيع فالماء الذي يكون هذه الفقائيع
يتجمع في قشرة رقيقة مغلفة للفقاعة لان الصابون يضمه بعضه الى بعض
بواسطة قوة الالتصاق التي فيه -

٣٦١ الجاذبية الشعرية :- هي نوع من جاذبية الالتصاق ، وتظهر جيداً
في الماء اذا وضع فيه لوحان من الزجاج فانه يرتفع بينهما
كما ترى في الشكل ٣ ولكنها تظهر باجلى وضوح في
الانابيب الدقيقة كالشعور ومن ذلك تسميتها بالجاذبية
الشعرية ولنوضحها الان بالامثلة الآتية -

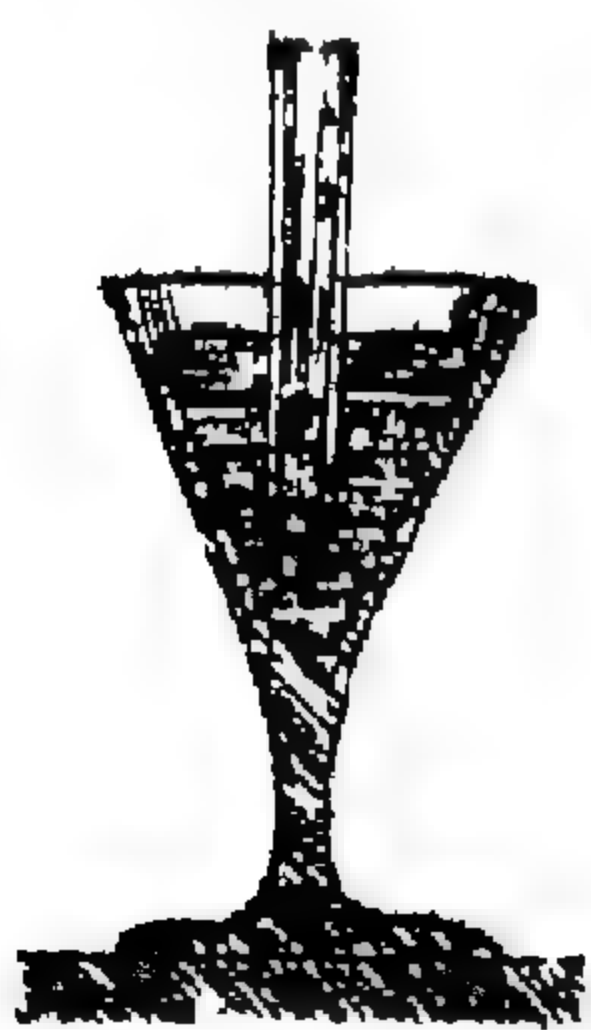


الشكل ٣

اولاً - اذا وضعنا انبوبة صغيرة من الزجاج في الماء ارتفع الماء فيها كما ترى في الشكل ٣ وذلك
لان جاذبية الالتصاق بين دقائق الزجاج والماء اشد من جاذبية
الملاصقة بين دقائق الماء . فالماء يرتفع في انبوبة الزجاج بقوة
التجاذب بينه وبينها . وكلما كانت الانابيب ادى زاد ارتفاع الماء فيها
ثانياً - اذا وضعنا انبوبة من الزجاج في كأس تحتوي زيتاً انخفض الزيت
فيها عن مساواة سطحه في الكأس كما ترى في الشكل ٥ وذلك لان
جاذبية الالتصاق بين دقائق الزيت ودقائق الزجاج هي اضعف
من جاذبية الملاصقة بين دقائق الزيت . فبين دقائق الزجاج
والزيت تدافع لا تجاذب -



الشكل ٤



الشكل ٥

ثالثاً - ان فتائل السرج والشموع هي حزم من الخيوط او الانابيب
الشعرية التي يصعد فيها الزيت او الدهن او نحوها ويشتعل فلذلك
تحتاج القناديل الكحولية الى اقناع تغطي فتائلها عند ما لا يراد اشعالها

له هذه الانابيب تصنع من انابيب الزجاج باحاثها على القنديل الكحولي ومدتها فتستدقد
ما يراد -

والا يتصاعد الكحول الى رؤس القنائل ويتطاير عتها حتى لا يبقى منه شيء في القنديل

رابعا اذا غمس طرف منشقة في الماء تبطل بعد برهة يسيرة بسبب صعود الماء في اليافها الدقيقة بالجاذبية الشعرية وعلى هذا الحكم ينشف الانسان جسده بعد الاغتسل اذ يلفه بمنشف او بمنخل من خام او شاش لكي تمتص الرطوبة عنه بالجاذبية الشعرية

خامسا الورق النشاش يمتص الحبر بواسطة الانابيب الشعرية التي فيه
سادسا اذا صب الماء في وعاء مغروس فيه شجرة او ريحانة صعد من مسام التراب ودخل الغرس بالجاذبية الشعرية

سابعا بالجاذبية الشعرية يصعد الماء في الارض الى سطوحها حيث يبل جذور النبات و يحيي لها طعامها بتدويره الى اجسام التي تقتدي بها . واذا اكتسى سطح الارض جليدا في الشتاء فالماء يصعد كجاري عادته ويتحول الى جليد وفي فصل الربيع يذوب ويبل التراب فيصير رطوبا . ولذا لم يكثر الاوحال في الاماكن التي ينزل عليها قليل من الثلج او المطر . هذا ولا يخفى ان حرث الارض يحفظها من الجفاف لان السكة تخلل التراب فتكثر المسام الشعرية وتقلل صعود الماء الى سطح الارض اذ الجاذبية الشعرية تنقص كلما زاد اتساع المسام

ثامنا ان الجبال اذا امتصت الماء بالجاذبية الشعرية تقوى وتقصر فاذا كانت جبال الغسيل مشدودة فقد تنقطع عند ما تمطر السماء عليها . وقد يتقلص بعض الجبال بشدة وقوة فيرفع

انقالا عظيمة .
تاسعا ان اثبتت تصير رطبة بدخول الرطوبة اليها من مسام الحجارة والخشب بالجاذبية الشعرية
عاشرا ان اهل جومانيا يشقون حجار الرحي بالخشب . فانهم يجرونه على شكل السفن

له يتضح ذلك من القصة الآتية : ان في بلاد مصر اعمدة كبيرة على قواعد اقامها الفراعنة وتعرف بالمسلات وقد نقل اكثرها ملوك الرومان وغيرهم من اهل اوربا واميركا الى بلادهم فلما اراد البابا سكستس الخامس ان ينصب مسلة كبيرة من هذه المسلات في ساحة كنيسة مار بطريركية احد امراة لا ينفذ احد بكلمة حتى ينادى المهندس ان العمل قد تم والخطر قد مضى . وكان الفعلة يرفعون العمود والناشر شاخصون اليهم حتى قارب العمل ان يلزم فزاد الشد على الجبال فزلت واشتكت المسلة ان تسقط ففر من مكان اسفلها من الفعلة مذعورين واذ صوت يناديهم بلوا الجبال فنظروا فاذا هو المهندس زابغيا فبلوها فتخنت واقفيضت على المسلة فرفعوها واقفوها على قاعدتها .

ويدخلونه في شقوق الحجارة وهو جاف فيمتص الرطوبة بصبا الماء عليه وتركه
برهة او بانصباب المطر فيضخ ويشق الحجر الذي هو فيه فيستغنى بذلك
عن اتفاق الدرهم وبذل الثعب .

٢٣ المتذبذب * اذا وضعنا السكر في الماء يذب لان جاذبية
الالتصاق بينه وبين الماء اقوى من جاذبية الملاصقة بين دقائقه
ولما كانت الحرارة مضعفة لجاذبية الملاصقة (عدد ٢٥) فهي تساعد
على التذبذب ولذلك اذا ذوبنا جسما في الماء الحار يذب وبمنتهى وقته
قصير اكثر مما يذب في الماء البارد في وقت اطول . ولهذا السبب يسرع
ذوبان الاجسام اذا سمحت . واذا لم يكن بين الجسم الجامد والسائل
جاذبية التصاق فلا يذب . وبجاذبية الالتصاق يمتص الماء مقلا
كثيرا من بعض الغازات كما متصاصة للهواء فان الماء لا يخلو من الهواء
الذي يزيد طعمه لذة . ولذلك اذا صببناه من وعاء الى آخر رأينا
فقاقيع الهواء للالتصاق به تنزل معه ثم تطفو على سطحه حيث تنفق
يقطع الهواء منها . وقد اشأ بعضهم باستعمال هذا المبدأ لتجديد
الهواء في المعادن * هذا ولما كان الضغط والبرد يضعفان قوة الدفع
في الغازات (عدد ٢٥) فصاروا فاقان جاذبية الالتصاق بين دقائق
الغازات ودقائق الماء ولذلك يفور ماء الصودا ويصير طعمه
حرليا من غاز الحامض الكربونيك الذي فيه . لان ماء الصودا اذا
ضغط امتص غاز الحامض الكربونيك ثم اذا ازيل الضغط عنه اقلت
غاز الحامض الكربونيك منه في فوac لماعة واحدة واحدث الفوران
وايما حررا في الحرفزة التي يشعير طعمها .

(٣٨) نفوذ السائلات * املا وعاء طويلا ماء ملونا باللحمون

الازرق. ثم ضع فيه قعاً طويلاً يصل الى قعره وصب فيه ماءً يحوي قليلاً من



الشكل ٢

زيت الزاج النضر (الشكل ٦) فينزل هذا الماء الى سفلى الوعاء ويبقى مستقلاً عن الماء الأول كما يظهر من لونهما. ولكنه يختلط به بعد بضعة ايام كما يظهر من تغير اللقوس الازرق الى لون احمر. فاختلاطهما احدهما بالآخر هو نفوذهما. واكثر السائلات يختلط بعضها ببعض اذا جمعت في وعاء واحد غير انه اذا لم يكن بينهما جاذبية التصاق فلا تختلط بل تنفرد ولو هزت معاً هز شيئاً

(٣٩) نفوذ الغازات. ان غاز الهيدروجين اخف من الهواء (٣٩) مرة غير انه اذا ملأنا قنيتين منهنهما ووضعنا التي تحوي الخفيف الى اسفل والتي تحوي الثقيل الى اعلى كما في الشكل ٧ رأينا انهما يختلطان اختلاطاً نادياً بعيداً قليل. وهذا ما يعرف بنفوذ الغازات.

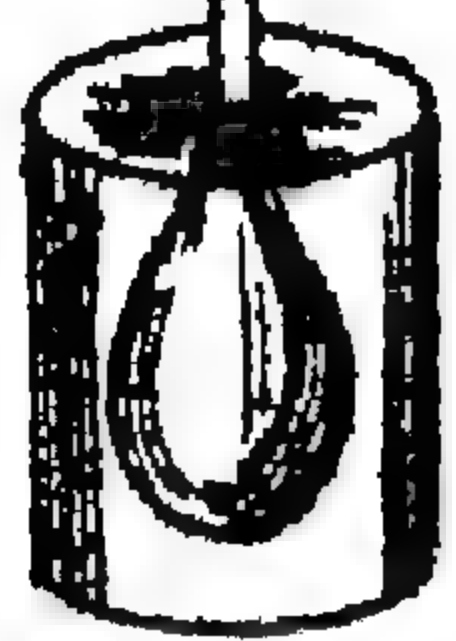


الشكل ٨

(٣٠) ارموس السائلات. اذا فصلنا بين السائلات بجسم رقيق ذي مسام فلا تختلط على سواء بل يكون اختلاطها متوقفاً على طبيعتها وعلى مادة ذلك الجسم الفاصل كما ترى هنا في: خذ انبوبة من الزجاج وادخل طرفها في مشاة شعلوة كحول (الشكل ٨) وضعها في وعاء مملوء ماء ثم انظر الى حيث يرتفع الكحول في انبوت الزجاج وسم هناك سمة واصبر قليلاً. ثم عد وانظر فترى الكحول قد ارتفع

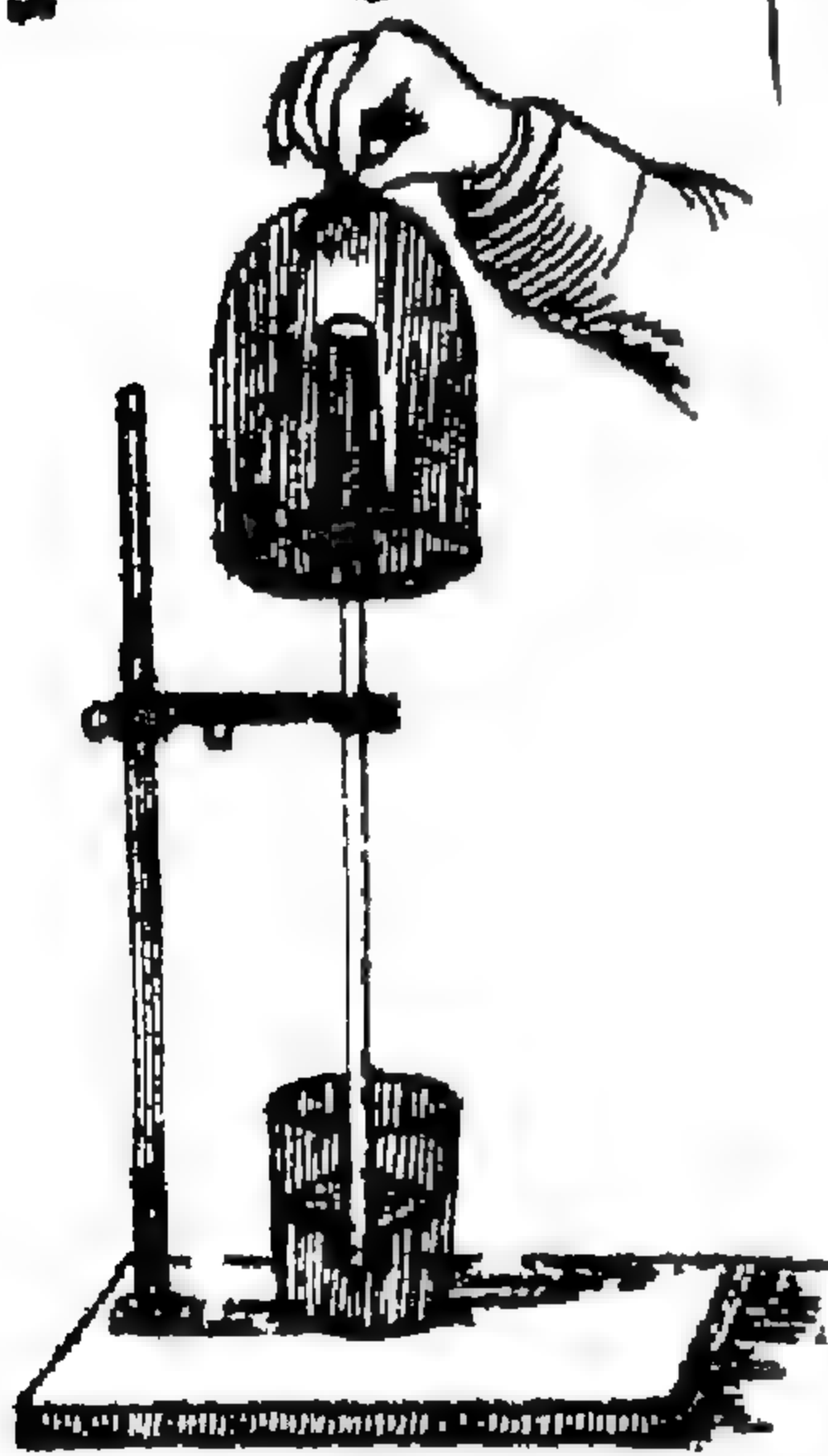
عن السمة. واذا دقت النظر وجدت ان الكحول يخرج من المشاة ويختلط بالماء والماء يدخل المشاة اسرع من دخول الكحول اليه وقد عللوا عن ذلك بان جاذبية الالتصاق بين المشاة والماء اشد منها بين المشاة والكحول

فيدخل الماء الى داخل المثانة بالخاصة الشعرية ويختلط من الداخل
بالكحول بنفوذ السائلات وكذلك يتقد بعض الكحول
من المثانة ويختلط بالماء. ومهما كانت السوائل فالذي
منها يبل القشاة الفاصلة قبل غير بنفوذها اسرع من
غيره ايضا. فلو استعملنا زقاً من الكلو ديون عوضاً عن
المثانة في التجربة المذكورة آنفاً لا انعكس الامر فيها فكان
الكحول ينفذ كثيراً والماء قليلاً لأن الكحول يبل الكلو ديون
قبل الماء ويسمى هذا النفوذ أزموس السائلات.



الشكل ٨

(٢١) أزموس الغازات. ان هذا المبروك قد وثق ولكنه
مرجح كما يظهر مما يأتي: خذ قدحاً زامساً ودخل في فمفلية
ادخلها محكمًا ودخل في الفلية انبوبة
من الزجاج واقرب القدح فوق وعاء فيه
ماء وانقل طرف الأنبوبة السائب تحت
الماء قليلاً واسد ها الى شئ ثابت كما
تري في الشكل ٩ لتثبت كذلك. ثم اقلب
على القدح زجاجة واسعة تفرق بالقابلة
ملائة من غاز الهيدروجين. فيتقد
الغاز من مسام القدح وينزل سريعاً
من الأنبوبة الى الماء فتظهر فقايع عليه.



الشكل ٩

ولا يخفى ان البلونات الصغيرة التي يلعب بها الاكوان تهبط الى
الارض في زمان يسير وذلك لان غاز الهيدروجين الخفيف الذي

(١) جسم لوزج يستعمل الجراحون دهانا للجروح ليقينا من الحواض الخارجية ويستعمله للصود

تملاؤه يقلت من مسامها أسرع من دخول الهواء إليها فنكمش وتميط إلى الأرض من ثقلها.

(٢٢) مسائل للمرين (١) إذا ابتل الجوخ فلما ذاتقلص (٢٠) إذا تصاق صفا القوارب فلما ذابيلون القلوع (٢٣) لما ذابيل يصح تجفيف الكتابة بالقرطاس الاعتيادي (٢٤) إذا دهن الخشب فلما ذابمتع عنه التقلص (٢٥) كيف يكون شكل سطح الماء وسط الزيت في كأس من الزجاج (٢٦) إذا عصرتا مستقنة فلما ذاب لا تشفت تماماً (٢٧) إذا طلى مثل دقيق بالدهن فلما ذاب لا ينزل للماء منه (٢٨) لما ذاب ذوب الكافور في الكحول ولا يذوب في الماء (٢٩) لما ذاب يرتفع الزيت في أنابيب من التوتيا كما يرتفع الماء في أنابيب من الزجاج (٣٠) لما ذاب العسر دفع اللوح من الماء (٣١) إذا تلوثت حد الكتاب بالحبر فلما ذاب يخلل الحبر إلى جوانب صفاته (٣٢) إذا نصبت الحبر على حافة الكتاب فهل تشد أوراقه بعضها على بعض لتعصر منها (٣٣) لما ذاب يمتزج الزيت بالماء (٣٤) ما هي فائدة الببل في الأبريق والجواب لو لا الببل لكان الماء ينصب عن جوانب الأبريق جاذبية الالتصاق كما ينصب الطاس ونحوه ولكن الببل يسلمه لجاذبية الثقل قبل أن تتصرف فيه جاذبية الالتصاق فينزلهما (٣٥) لما ذابيل الماء اليد ولا يبلها الزيت (٣٦) لما ذاب يشق البرصلي ويتكسر إذا لم يملأ ماء أو يوضع في دهليز (٣٧) اذكر بعض الأحوال التي تزيد فيها قوة جاذبية الالتصاق على جاذبية الملاصقة.

الفصل الثالث

في الجاذبية العامة وجاذبية الثقل

٢٣ م، تكلمنا في ما مضى عن الجاذبية التي تفعل بين دقائق الاجسام على بعد غير محسوس وقصدنا الآن ان نتكلم عن الجاذبية التي تفعل بين الاجسام على كل بعد من الابعاد وهي تعرف بالجاذبية العامة وتجري على ناموس (١)، كثير الاعتبار في العلوم الطبيعية (٢)، وهذا التعريف ان كل جسم من اجسام الكون يجذب بغير قوة تناسب مقدار مادته وهذه الجاذبية تنقص كزيادة مربع البعد عن وتزداد كنقصانه فاذا قطعنا فليت متساوية الكثافة قطعتين احدهما كبيرة والاخرى صغيرة ووضعتا هما في الماء الواحدة يقرب الاخرى فانهما تتجاذبان ويزيد جذب الكبير على جذب لصغير بقدر ما تزيد مادتهما على ما هما اي ان كلاهما يجذب الاخرى بقوة تناسب مقدار مادتهما. ثم اذا ابعدا هما الواحدة عن الاخرى فالجاذبية التي بينهما تنقص لكن على نسبة تزيد عن البعد. فاذا صار البعد بينهما بقدر ما كان اولاً

(١) الناموس او الشريعة في عرف الطبيعيين الطريقة غير المتغيرة التي يجري الله الطبيعة عليها.

(٢) اكتشف ناموس الجاذبية العامة الفيلسوف اسحق نيوتن. قيل انه كان ذات يوم جالساً تحت شجرة من التفاح تفكر في بعض القضايا العلمية فسقط امامه تفاحة فقال في باله ما الذي اسقط هذه التفاحة الى الارض وما الذي يسقط الجراد من قمم الجبال الى سفلى الاودية. ليست القوة التي تسقط الاجسام هنا تدبر القمر ايضا حول الارض والارض والسيارات حول الشمس ولم يزل على مثل هذه الافكار حتى اكتشف ناموس الجاذبية هذا.

مرتين فالجاذبية لا تنقص عما كانت مرتين فقط بل أربع مرات أي مرتين مرتين وذلك معنى قولنا ان الجاذبية تنقص مرتين البعد وبالعكس اذا قرب احدهما نحو الآخر حتى يصير البعد بينهما نصف البعد الاول فجاذبية كل منهما للآخر تزداد اربع مرات ويزداد ما سبق وصوحا بالمثلين الآتين .

اذا سقط حجر من مكان عال يتل الى الارض والارض تصعد اليه لانه هو يجذب بها وهي تجذب به ولكن جاذبيتها تزيد على جاذبيته بقدر ما تزيد مادتها على مادته فلذلك يقطع في النزول اليها مسافة اعظم من المسافة التي تقطعها في الصعود اليه بقدر ما تنقص مادته عن مادتها فتعيب المسافة التي تقطعها الارض لملاقاته كلاً شيئاً كما انه هو



كلاً شيئاً بالنسبة اليها . واذا علقنا ثقلاً بحيث وربطنا الخيط بجانب جبل فالخيط لا يبقى على استقامته بل يميل نحو الجبل لان الجبل يجذب به اليه ويظهر ذلك من الشكل ١٠ حيث يفرض اب الخيط المنقط مدلى على استقامته واب الخيط منحرفاً نحو الجبل بالقوة التي يجذب به الجبل بها . وقد كبرت زاوية الانحراف هنا لزيادة الايضاح .

الشكل ١٠

واعلم ان ناموس الجاذبية العامة يصدق على كل عوالم الكون كما يصدق على اجسام ارضنا . فان جميع الاجرام السماوية مرتبطة ببعضها ببعض بالجاذبية العامة فكل نجم من نجوم السماء مرتبط بالارض وبقية الكواكب والارض مرتبطة به وبقية الكواكب كلها متوازنة ولذلك تهبط في السماء على الاشياء فكان جاذبية الشمس للارض حبل غليظ يمتد منها ويربط الارض . وكان جاذبية النجوم خطوط دقيقة تخرج منها وتلتفت حول الارض ايضا . وكان جاذبية الارض للشمس

ولبقية النجوم جيوط خارج منها ومرتبطة بالشمس وبقية النجوم. فكما
ان الحبال والخيوط تربط الأجسام بعضها ببعض هكذا الجاذبية العامة
تربط أرضنا بالأجرام السماوية والأجرام السماوية بها وتثبتها في نواحي السماء
(٢٢٢) جاذبية الثقل. قد ظهر ما تقدم ان في الأرض قوة تجذب
بها الأجرام السماوية. فهذه القوة تجذب أيضاً جميع الأجسام التي عليها
نحو مركزها وتسمى حينئذ جاذبية الثقل. وإذا قلنا ان هذا الجسم ثقله
عشرة ارطال فالمراد ان الأرض تجذب به اليها بقوة عشرة ارطال وهذا
الثقل يختلف بحسب موقعه في الأرض كما في مفضلاً.

أولاً. اذا كان الجسم في مركز الأرض فثقله لا يشتت لان كل مواد الأرض
تجذب به بالتساوي الى كل جهة فلا يرجح الى جهة ولذلك يكون عدم الثقل
ثانياً. اذا كان الجسم فوق سطح الأرض ينقص ثقله بابتعاده عنها كزيادة
مربع بعده عن مركزها لان المركز هو النقطة الوسطى بين موادها
لجاذبية ونقصانه يزيد لمربع بعده عن مركزها. فلو قيل اذا كان ثقل جسم
١٠٠ ارطل على سطح الأرض وسط الأرض يبعد عن مركزها نحو ٣٠٠٠ ميل
فكم يكون ثقله على بعد الف ميل عنه (اي على بعد ٥٠٠٠ ميل عن مركز الأرض)
فالعمل لمعرفة ذلك ان تقول نسبة (٥٠٠٠ ميل ٢ الى ٣٠٠٠ ميل ٢) ١٠٠٠ ارطل
الى الجواب وهو ٣٧٠٠ ارطلاً.

ثالثاً. اذا كان الجسم على سطح الأرض فثقله يختلف باختلاف عرض
المكان الذي هو فيه. فاذا كان الجسم على خط الاستواء فثقله ينقص عما

(١) اذا سقط حجر من مكان عال ينزل في أرض بجاذبية الثقل كما تقدم فلو كانت الأرض لا تصد عنه ان
ينزل فيها لبقى نائلاً بالجاذبية الى مركزها. ولكن الأرض تصد عنه النزول فيها لحدود سطحها فلذلك يبقى
محبذاً اليها وضاعطاً لسطحها فاذا وضع في كفة ميزان يزن مقدار ضغطه وهذا المقدار هو ثقله
فالثقل اذا هو قياس جاذبية الثقل ويتجهتها.

اذا كان في مكان آخر لسبيين. اولهما ان كوة ارضنا منتفخة عند خط الاستواء
فيكون الجسم هناك ابعد عن مركزها الذي تجذب الاجسام الى جوفته من
جسم مثل بين خط الاستواء و احدي القطبين فيقل جذبها عند
خط الاستواء عن جذبها ما يساويه في مقدار المادة بينه وبين القطبين
وبالنتيجة يكون النقص ثقلاً. وثانيهما ان القوة التي تدفع الاجسام عن
مركز الارض تكون اشد على خط الاستواء عما على غيره كما سيأتي وذلك
ينقص الثقل ايضا. واذا كان الجسم في قطب من القطبين فثقله يزيد عما
اذا كان في مكان آخر لسبيين ايضا. اولهما ان كوة ارضنا مسطحة من القطبين
فالجسم يكون عليهما اقرب الى المركز مما يكون على غيرهما فيزيد جذب الارض
له ويزداد ثقلاً. وثانيهما ان القوة التي تدفع الاجسام عن المركز تكون
في القطبين اضعف مما في بقية الاماكن.

فائدة. قد تقدم ان الجاذبية العامة وجاذبية الثقل هما من نوع واحد
والفرق بينهما انما يكون للتخصيص واما جاذبية الملاصقة فلا يوجد
دليل على انها من نوعها. لانها يزيد ان بقدر ما تزيد مادة الجسم
وينقص ان بقدر ما تزيد مربع بعده. واما هي فالظاهر انها
لا تزيد ولا تنقص كذلك. والا لكان التصاقها لثقلها
القريبة من مركز ثقل الجسم بعضها ببعض اشد
من التصاق الدقائق البعيدة عن بعضها
بعض او من التصاقها هي نفسها
اذا كسر الجسم كسراً خفيفاً

✱ ✱

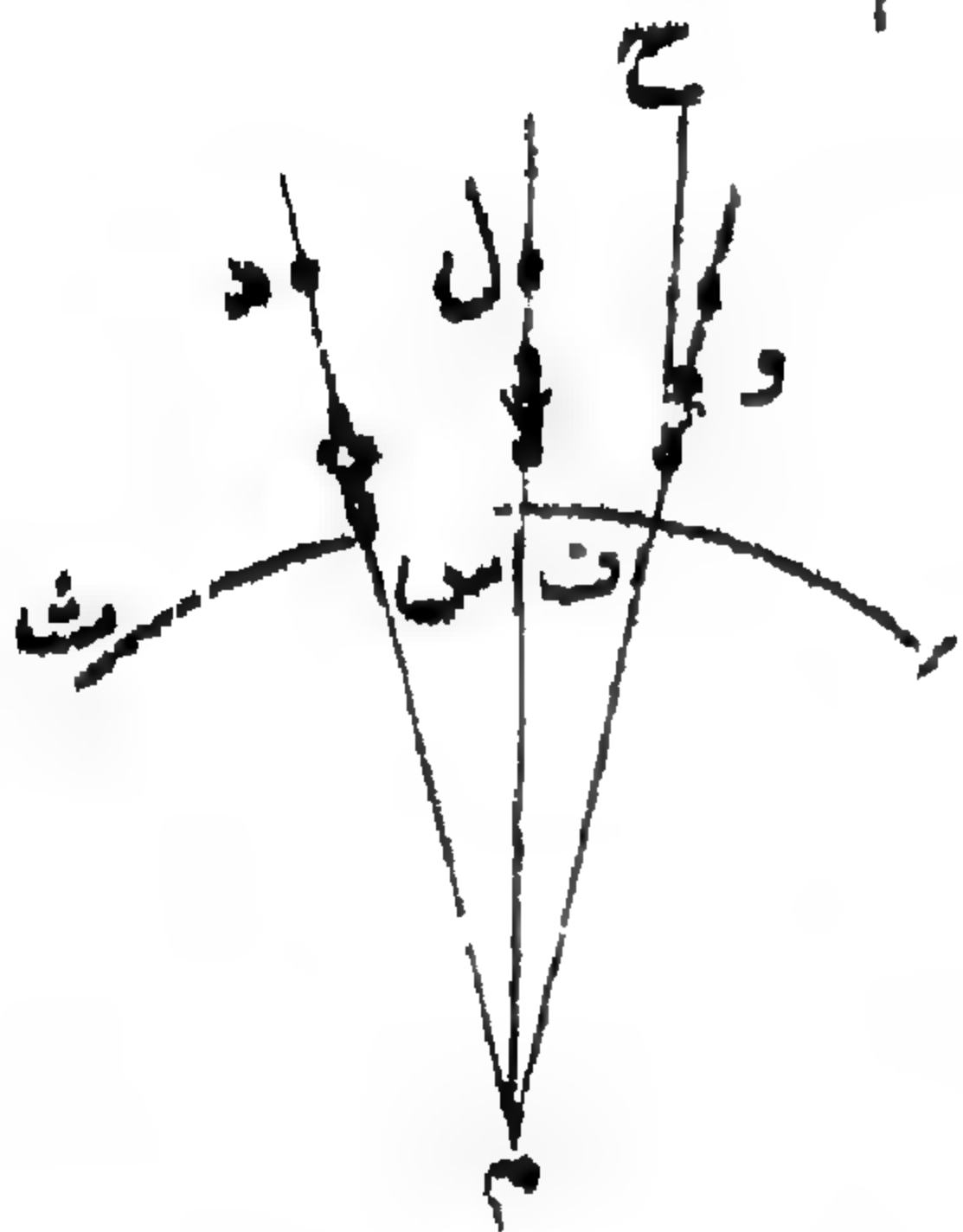
✱

✱

الفصل الثالث

في الأجسام الساقطة

(٣٥) الخط السمتي . ان الارض تجذب الاجسام نحو مركزها كما تقدم
فاذا بقيت الاجسام بلا معارض نزلت في خط مستقيم الى مركزها . وهذا الخط
يسمى خطاً سمياً .



الشكل ١١

اذ اعلقنا رصامة بخيط ودلينا الخيط من محل عال
ينزل في خط سمّي . واذا نزلت خيوط كثيرة كهذا في أماكن
متعددة فكلها توجه نحو مركز الارض وتلتقي فيه لو اخرجت
اليه كما ترى في الشكل ١١ فالقوس اثا هي قطعة من
سطح الارض وم مركز الارض والخطوط دم ول م وم
خطوط ممتدة قد اخرجت حتى التقت في المركز .

(٣٦) نواويس الاجسام الساقطة . للاجسام الساقطة اربع نواويس
وهي : (١) كل الاجسام تسقط بسرعة واحدة اذا جذبت بموازاة بين الثقل
فقط . فاذا وضعنا درهما وريشة طائر في انبوبة
طويلة كما ترى في الشكل ١٢ وفرغنا الانبوبة من
الهواء ثم قلبناها بسرعة ليقطان من الطرفين
الواحد الى الآخر في وقت
واحد . واما اذا ادخلنا الهواء
الى الانبوبة وقلبناها فالدرهم يسبق الريشة
كثيرا . فيستنتج من ذلك ان الاجسام اذا سقطت



الشكل ١٢

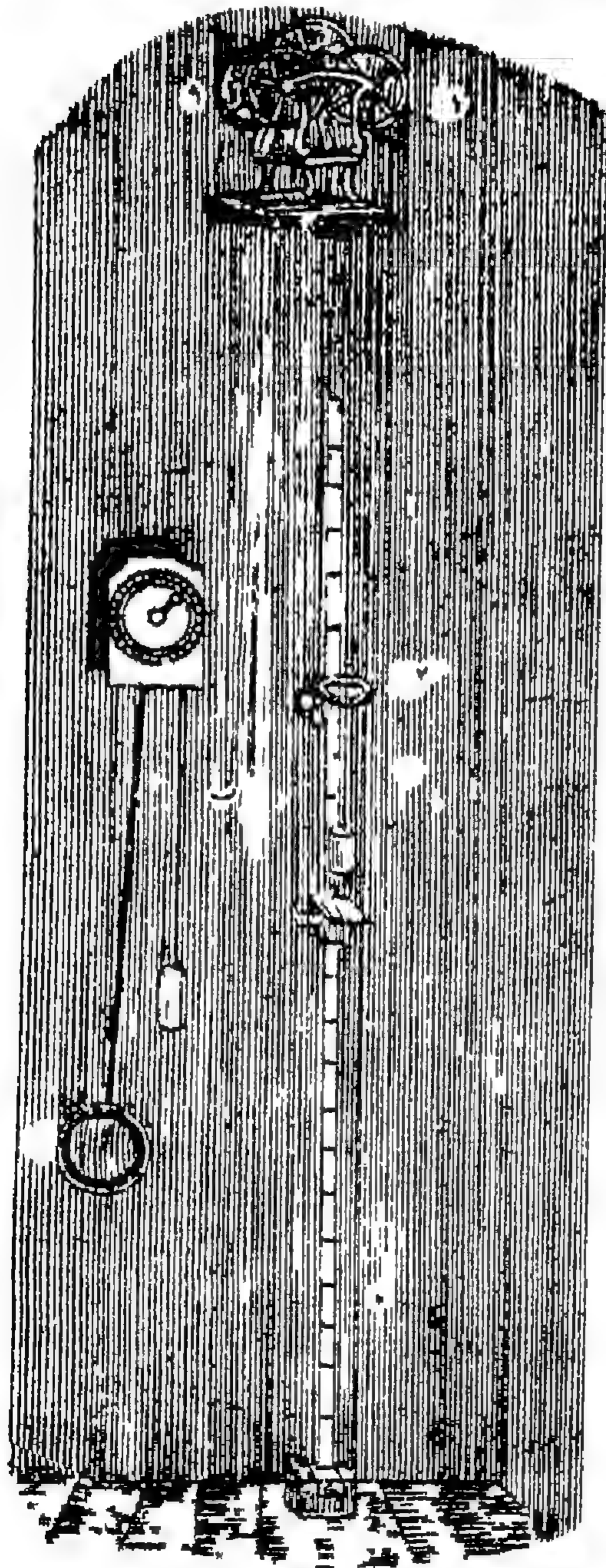
في الفراغ تسقط بسرعة واحدة وإن سبب سقوط الأجسام التقييل البتة
وسقوط الأجسام الخفيفة بطيء إنما هو مقاومة الهواء لها وهي ساقطة
ويظهر ذلك أيضاً إذا رمينا ورقة فانها لا تنصل الى سطح الأرض الا بعد زمان. وأما إذا
لففناها حتى تلبّد بعضها على بعض ورميناها فنصل الى الأرض حالا وليس ذلك من نقصان
قوة الجاذبية بل من نقصان مقاومة الهواء.

ثانياً. إذا سقط جسم من علوّين الذين الذي يقطعه في الثانية الأولى ١٦
قد ما وقد تحقق ذلك من تجارب بالمرقاص وبآلة التود. فنكون سرعة
المتساوية في آخر الثانية الأولى ٣٢ قد ما وذلك لان حركته تتبدّل
بصفر وتأخذ بالتسارع بقوة الجاذبية المتصلة ومعدل صفرو ٣٢
١٤ ونعني بسرعة المتساوية في آخر الثانية الأولى سرعة الاستمرار التي
اكتسبها في آخرها ويجري بها على التساوي في الثانية الثانية لو فرض القطع
الجاذبية في آخر الأولى. ويقال لها معدل سرعة الجاذبية في الثانية
الثانية وهكذا يقال في معدل سرعة الجاذبية في الثالثة والرابعة
تنبيه. ان الجسم يسقط ١٦ قد ما في الثانية الأولى في المكان بالقرب من سطح الأرض المحسوس
انه على مساواة سطح البحر. ولكن اذا كثر البعد عن الأرض يختلف بين سقوطه فيها عن
١٦ قد ما في نقص كزيادة مربع البعد.

وأما آلة التود فالغرض منها قياس سرعة الأجسام الساقطة والبيان التي تقطعها
في اوقات معلومة لانه يتعد رقياس ذلك يراقبة الأجسام بلا آلة لظفر سرعتها ويكون
الهواء يضارها في نزولها فيقلل سرعتها عما هي حقيقة. وهذه الآلة مؤلفة من عمود
مقسم الى الشكل ١٣ متركز على قاعدة وعلى راسه اقرب من ساعة ثلث للتوازي
وعلى ظهر الاقرب خمسة دواليب والخامس دليق كل من طرفي محورة على محيطي دواليب
من الاربع الباقية كما ترى حتى يكون الاحتكاك قليلاً. ويوضع في محر هذا الدواليب خط
من المحر معلق ثقل بكل من طرفي. ويتصل بالعمود حلقة من تتحرك عليه صاعداً ونازلاً

وروت صغيرا ايضا يتحرك كذلك. اما الحلقة فلكي يتراحد الثقليين منها واما الروت فلكي
يمهد اذ لك الثقل عليه ويضع الثقلان اوب متساويين تماما ولذلك يمهد ان
اذا تركا لهما مدلين عن جانبي الدوكلاب ويتحركان اذا زيد على احدهما ثقل
لاختلال الموازنة حينئذ.

نفرض ان وزن كل من الثقليين $\frac{1}{2}$ اوقية وانا زدنا على ثقل اقضيا من النحاس
وزنه اوقية واحدة فيكون وزن الكل $\frac{3}{2}$ اوقية. وهذه متى تحركت تتحرك بفعل



الشكل ١٣

الجاذبية بقوة اوقية واحدة فكون سرعتها ٦٣ من سرعة الاوقية وذلك لان الجسمين
في حكم السكون لان جاذبية الواحد تضادها جاذبية صاحبه بالتعليق ومقدار ما بينهما
٦٣ اوقية وبإضافة قضيب النحاس تصير مادة الثلاثة ٦٣ ولكن الحركة قد حصلت
بقوة جاذبية اوقية فقط. فلو نزل قضيب النحاس وحده كانت سرعته ٦٣ مرة من
سرعته مع الثقلين ولكن بصيرورته معهما ٦٣ اوقية مع جاذبية اوقية واحدة تنقص
السرعة كازدياد المادة كما ستقف على ذلك في الكلام على الحركة. فنكون سرعة الكل
القضيب مع الجسمين ٦٣ من الجاذبية كما لا يخفى. فبذلك نجعل الجسم يسقط بقوة
متصلة هي الجاذبية ولكننا نقلل سرعته حتى لا تزيد عن ٦٣ من سرعة الاجسام الساقطة
فنقضي بذلك غرضين الاول اننا نتمكن من قياس حركة الجسم في سقوطه واثنان اننا نعالج
مقاومة الهواء حتى تكاد تنفيها.

فاذا اردنا الامتحان بهذه الآلة رفعنا الثقل الى راس العمود وعلقنا به قضيبا من النحاس
بحيث لا ينزل من الحلقة ووضعنا الحلقة على بعد معلوم منه والوف على بعد آخر ثم اذا وصل
غروب الثواني في الساعة الى الصفر تركنا الثقل يسقط وهو والقضيب فعند وصولهما الى الحلقة
يعلق القضيب واما الثقل فيمر فيها فنستعلم وقت وصولهما الى الحلقة من الساعة وكذلك
نستعلم وقت وصول الثقل وحده الى الوف فان سرعة حركة القضيب مع الجسم الى الحلقة
بالجاذبية المتصلة هي متسارعة ولكن سرعة الجسم بعد انفلات القضيب عنه الى الحلقة
الى الوف هي متساوية لان الجاذبية قد انحصرت بالتعليق كما مر وهي سرعة الاستمرار
اكتسبها بسرعة جاذبية القضيب فاذا فرضنا بعد الحلقة عن محل القضيب وهو في
اعلى الآلة قدما واحدة وسار اليها الجسم في اثنتين مثلا فنحكم ان سرعته ربع قدم
في الثانية الاولى واذا ضربنا ١ في ٦٣ فالحاصل ١٦. فنعرف حينئذ ان سرعة هذا
الجسم بالجاذبية ١٦ قدما في الثانية الاولى ثم اذا مشى الجسم من الحلقة الى الوف وقد مر
في اربع فوان فنحكم ان معدل سرعة الجاذبية اذا قد انقطعت الجاذبية عند ما علق
القضيب اي سرعة الاستمرار للجسم في الثانية ٣٢ قدما لان الجسم يكون قد سار نصف

قدم في كل ثانية ونصف ١٢ أي ثقل الجسمين هو ٣٢ تقريباً لأن لو كان الجسم اوقية واحداً
لا سرع ١٢ مرة سرعة الاوقية اذ تزداد السرعة بنقصان المسافة اذ بقيت القوة واحدة
وهذه الحقيقة تؤكد لنا اني قبلها وهي ان الجسم يبط ١٢ قدماً في الثانية الاولى لان
المعدل بين ٣٢ و ١٢ كما مر وهي الركن في البرهان وعلى هذا الاسلوب يتحقق المأمور
الثاني وما بعده .

ثالثاً معدل سرعة الجاذبية في اول الثانية الثانية ٣٢ قدماً
كما مر اي ١٢ × ٢. ومعدل لها في اول الثالثة ١٢ زيادة ١٢ اي ١٢ × ٢.
وفي اول الرابعة ٩ كذا في ١٢ اي ١٢ × ٢. وهلم جرا بزيادة المضروب فيه ٢ كل مرة
اما المسافة التي يقطعها الجسم في كل ثانية من الثواني المسرودة بعضها
وراء بعض اذ بقي جارياً فيها انفصل بضرب ١٢ في الاولى ١٢ × ٢ في الثانية
و ١٢ × ٥ في الثالثة وهلم جرا اي بضرب ١٢ في هذه الاعداد الوترية ٢ و ٥
و ٩ والخ لكل ثانية على التوالي وللايضاح نقول

يبتدئ الجسم في الثانية الثانية وله من السرعة ٣٢ قدماً فالأمر واضح انه يقتر في هذه الثا
٣٢ قدماً بسرعته فقط لا بالجاذبية . ولما كان فعل الجاذبية به متصلاً على الدوام يكتسب
سرعة ٣٢ قدماً ايضاً فوق سرعته فتصير سرعته ٦٤ قدماً اي ١٢ × ٥ كما ذكرنا آنفاً ثم يبتدئ
في الثانية الثالثة وله من السرعة ٦٤ قدماً فيكتسب علاوة عليها سرعة ٣٢ قدماً ايضاً
بالجاذبية فتصير سرعته ٩٦ قدماً اي ١٢ × ٨ وقس عليه ما بقي ثم ان معدل ٣٢ قدماً
وهي سرعة الجسم في اول الثانية الثانية و ٦٤ قدماً وهي سرعته في آخر تلك الثانية
هو ٨٠ قدماً اي ١٢ × ٣ وذلك يساوي مسيرته في الثانية الثانية فقط ومعدل ٦٤ قدماً
وهي سرعته في اول الثانية الثالثة و ٩٦ قدماً وهي سرعته في آخرها هو ٨٠ قدماً اي ١٢ × ٥

(١) يعرف العدد الوترية الثانية من الثواني تبضع عدد ذلك الثانية وطرح واحد من الحاصل مثاله : اذا

قبل ما هو العدد الوترية الثانية الثامنة لفيل ٨ - ٢ = ٦ و ١٦ - ٥ = ١١ وهو العدد الوترية

مسيرة في الثانية الثالثة ومس عليه يقية ما ذكرنا كفاً فلنا من ذلك هذا الحكم وهو ان
سرعات الأجسام كالاعداد الشفعية والابعاد التي تقطعها كالأعداد الوترية .

رابعاً ١٠ ان الجسم يسقط في اى عدد كان كله من الثواني ما يساوي
١٦ قد ما مضوية في مربع ذلك العدد .

فقد تقدم معنا ان الجسم يسقط ١٦ قدماً في الثانية الاولى و ٢٨ قدماً في الثانية الثانية
فيسقط اذا في الثانيةين معاً ١٦ × ٢٨ = ٤٤٨ قدماً اي ٢ في ١٦ قدماً وكذلك يسقط في
٣ ثوان ١٦ × ٢٨ × ٢٨ = ٨٠٦٤ قدماً اي ٣ في ١٦ قدماً وهلم جرا .

دع ٢٤ سعادلات الأجسام الساقطة اذا فرضنا ان الحرف س
معدل سرعة جسم ساقط في آخر وقت مفروض والحرف ب بينه اي
البعد الذي يقطعه ووقته ينتج معاً معنى أن

$$(١) \text{ س } = \frac{٣٢}{٢}$$

$$(٢) \text{ ب } = \frac{١٦}{٢}$$

$$(٣) \text{ س } = \frac{١٦ \times ٢٨}{٢}$$

وهذه المعادلة (٣) هي نتيجة (١) و (٢) لانه بتربيع (١) والقسمة
يصير $\frac{٣٢}{٢} = \frac{١٦ \times ٢٨}{٢}$ ومن قسمة (٢) على ١٦ تكون $\frac{٣٢}{٢} = \frac{١٦ \times ٢٨}{٢}$ واذا $\frac{٣٢}{٢} = \frac{١٦ \times ٢٨}{٢}$
وس $١٦ \times ٢٨ = \text{س} \times \text{ب}$ ثم ليبدل ج على فوق الجازية المتصلة
العمل المحسوبة فلنا من المعادلة (٣) هذه المعادلة (٤) س = $\frac{١٦ \times ٢٨}{\text{ب}}$
ومن المعادلة (٤) اذا كان ج لا يتغير وكذلك س ينتج ان البين يتغير كدربع
السرعة او مربع السرعة كالبين او السرعة كجذر البين وبالعكس .

(٥) طريقة سهلة لمعرفة عمق الآبار يتضح ما تقدم اننا اذا
عرفنا الوقت الذي يسقط فيه جسم عرفنا البين الذي يقطعه ايضا
فاذا رمينا حجراً في بئر وعدنا الثواني التي تمر قبلها نسمع صوت وقوعه
على قعرها ثم نبعنا عدد الثواني وضربناه في ١٦ قدماً يكون الحاصل عمق البئر قدماً

أما المتواني فتعد بساعة ذات عقرب للمتواني وإذا المر يتبع الحصول عليها
نعد دقائق النبض ونحسب كل دقيقة ثانية غير أنه متى صدر العجز عن السير
تأخر صوته قليلاً حتى يصل اليها ولكن وقت تأخره يكون قصيراً جداً
فلا يعتد به هنا.

(٢٩) الأجسام الصاعدة. إن ما مر عن الأجسام الساقطة إذا
عكسناه يصدق على الأجسام الصاعدة أيضاً. فإذا رمي جسم إلى
فوق قلت سرعته م م قدما كل ثانية بدلاً من أن تزيد لأن الجاذبية
تصادمها. ولذلك إذا أريد الاتصال إلى علو مفروض وجب أن تكون
سرعة مساوية للسرعة التي يكتبها عند سقوطه من ذلك العلو إلى
الارض المدلول عليها بالحرف س لأنه يصعد في وقت مفروض
بقدر ما يسقط. فإذا اطلقنا قبلة في جهة سمت الرأس وبقيت قيتين
صاعدة تبقى دقيقتين نأزله أيضاً في رجوعها. ولتضي أن يكون

زخمها عند ما تصيب الارض وهي

نأزله بقدر ما كان عند خروجها

من فم المدفع. ولكن الواقع

خلاف ذلك لأن الهواء يقاوم

في سيرها فيقتصر زخمها

السدس وهي صاعدة

والسدس وهي

نأزله

م

+

+

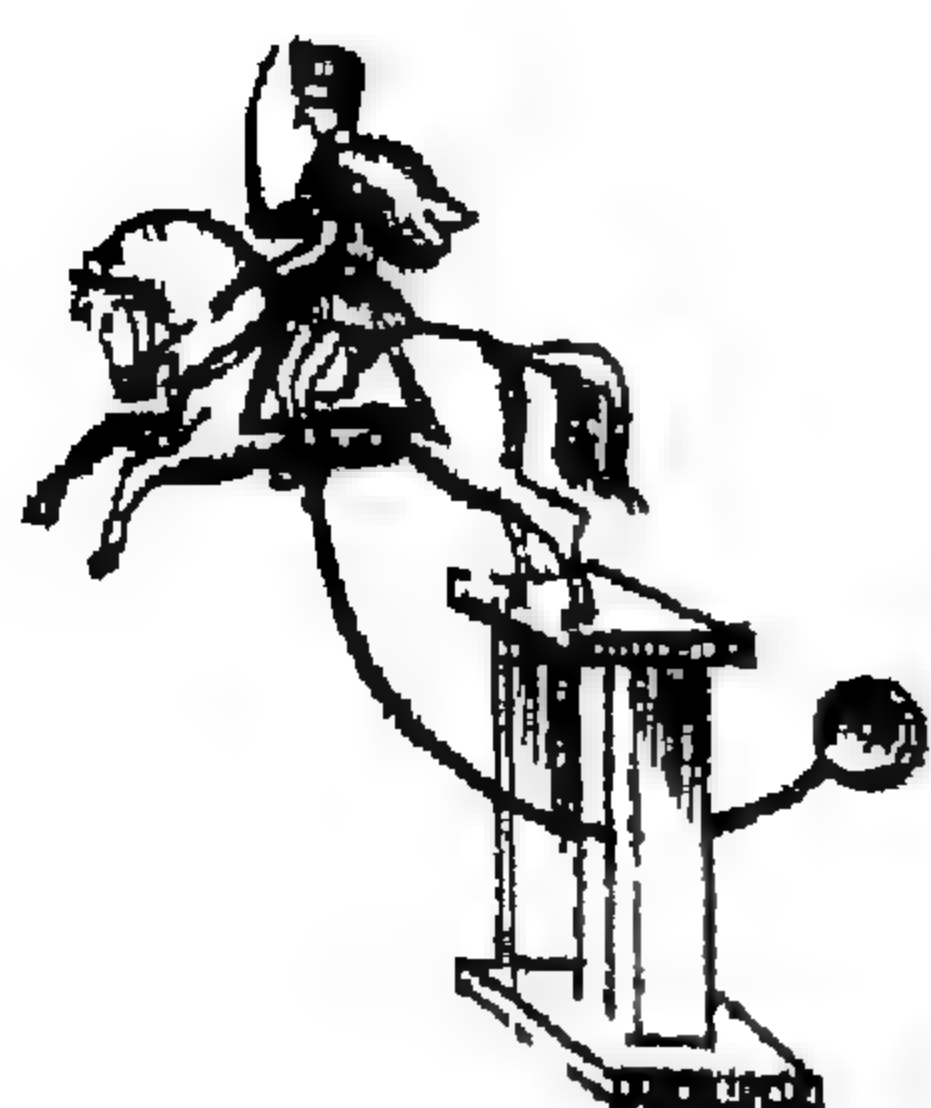
الفصل الرابع

في مركز الثقل

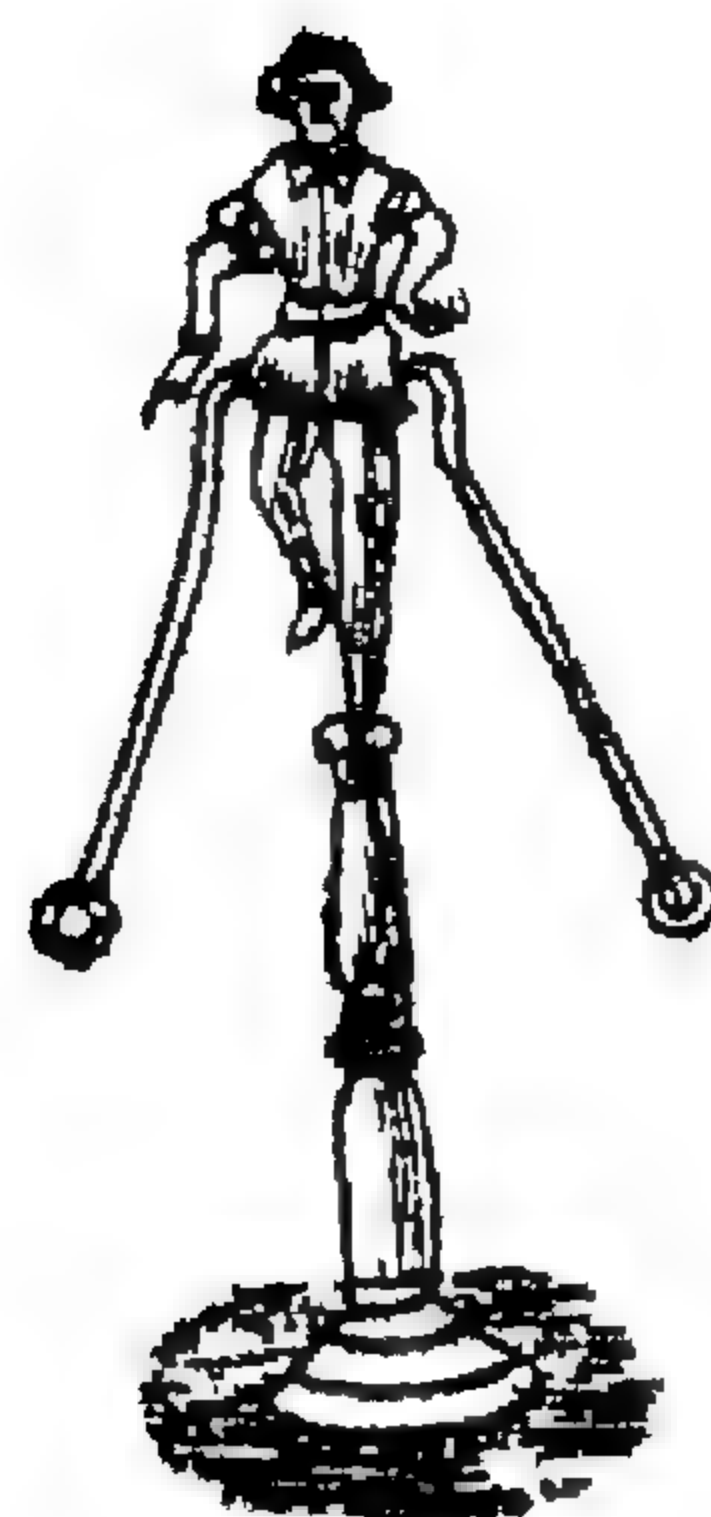
(٥٠) مركز ثقل جسم هو النقطة التي يسكن الجسم إذا ارتكز عليها لتوازن الأجزاء المتقابلة على جانبيها كما إذا هدا ميزان بوضع عيار في إحدى كفتيه يساوي ما وُضع في الأخرى ثقلاً. وخط الجهة هو الخط السمتي الذي يقع مركز الثقل فيه ويمجري فيه الجسم إذا سقط وهو إذا امتد بميراث الأرض.

إذا هدا ث عصا على أصبع شخص سوا ووضع عليها أفقية أم قائمة فمركز ثقلها هو النقطة في العصا الواقعة فوق الأصبع التي إذا رسم منها خط سمتي في الحالين يمر بالأصبع وذلك الخط هو خط الجهة وهي إنما مهداً لتوازن الجاذبية على أجزائها الواقعة على جانبي مركز ثقلها وهكذا يقال في كل جسم يهدأ على أي شيء كان.

(٥١) حالات الموازنة: الموازنة على ثلاث حالات موازنة ثابتة وموازنة غير ثابتة وموازنة مطلقة. فأولاً إذا كان مركز الثقل تحت النقطة التي يرتكز عندها الجسم على شيء أو يعلق منها شيء أو إذا كانت أدنى حركة ترفع مركز الثقل قيل أن الجسم في حال الموازنة الثابتة. مثال الشرط الأول الشكل ١٢ حيث ترى صورة رجل يرتكز على قاعدة وقد علق به كرتان من الرصاص حتى صار مركز ثقله تحت نقطة ارتكازه. فمما دامت الكرتان معلقتين به يبقى متوازناً وهادئاً وأما إذا ارتفعتا عنه فيسقط حالاً. ومثال الشرط الثاني أنه إذا أدنى حركة ترفع مركز الثقل في الموازنة الثابتة الشكل ١٥ وهو صورة بعنة مصنوعة لتسليط الأولاد فان الحصان وراكبه معلقان برجلي الحصان ويتصل ببطنه شريط ملون

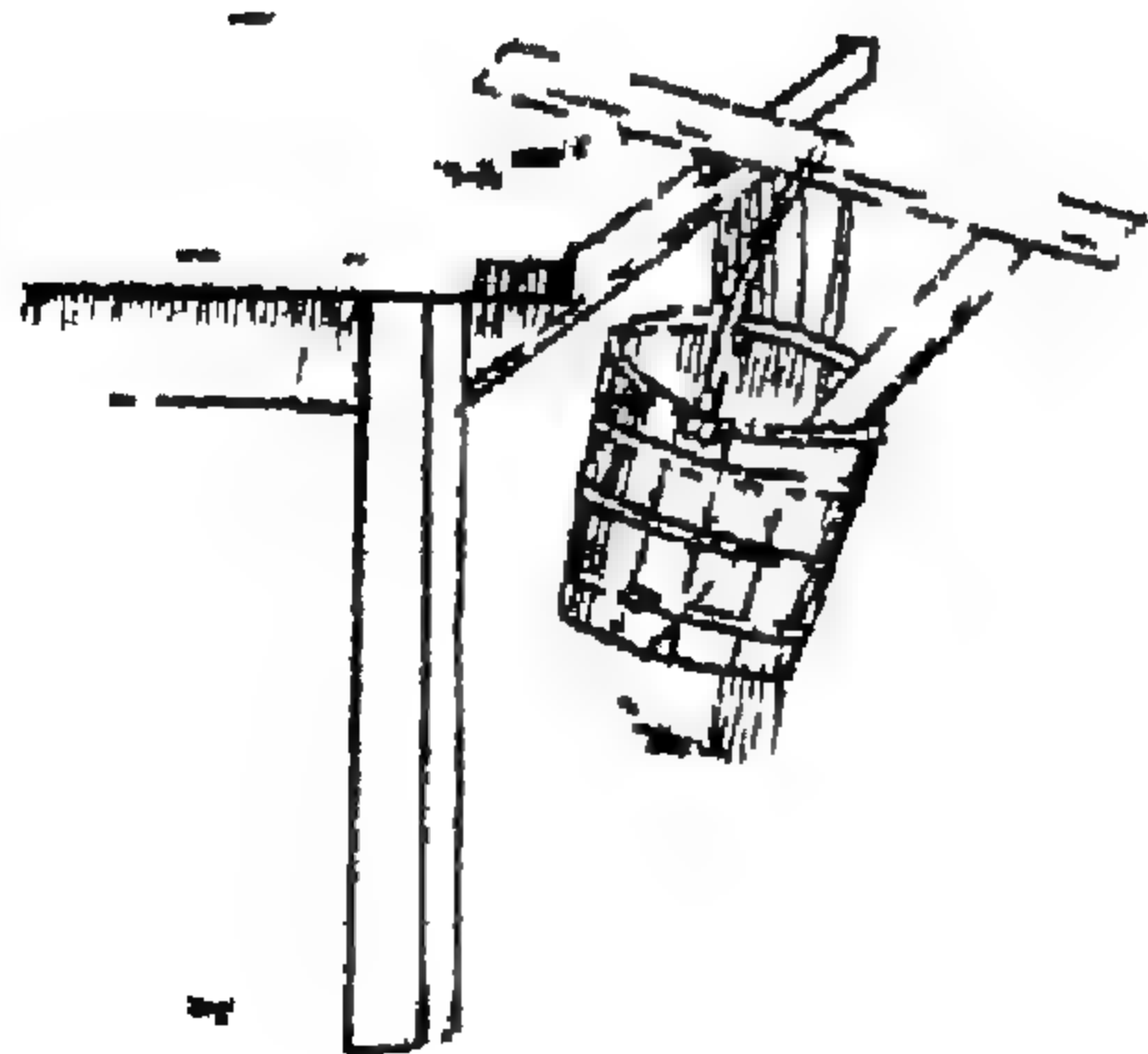


الشكل ١٤

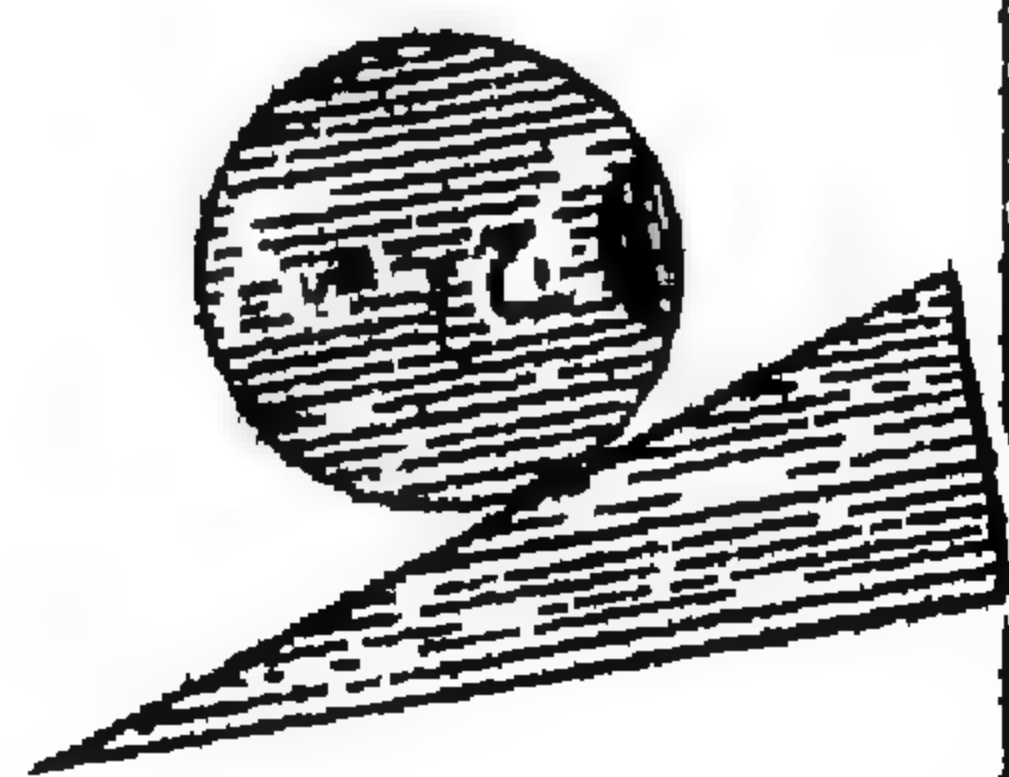


الشكل ١٥

التوازن مستديراً ومثقل من طرفه الآخر بكرة من الرصاص بحيث يقع مركز الثقل تحت نقطة التعليق. فإذا حُرِّكت اللعبة يرتفع مركز الثقل عن وضعه فيخطر ذهابها وإياها على جانبي نقطة التعليق حتى يهدأ تحتها فتعطي اللعبة بخطر اندماداً يهدوكة وتبين ثبوت مركز الثقل تحت نقطة التعليق ما يأتي: املاء دلو ماءً وعلق على مائدة بعارضة من الخشب متصلة بعارضة أخرى تدخل إلى قعر الدلو وتدفع إلى تحت المائدة كما ترى في الشكل ١٤ فيصير مركز الثقل حينئذ تحت نقطة التعليق فيثبت الدلو ولو العارضة السفلى لسقط حالاً وقد يتحرك الجسم عند الجاذبية ظاهراً

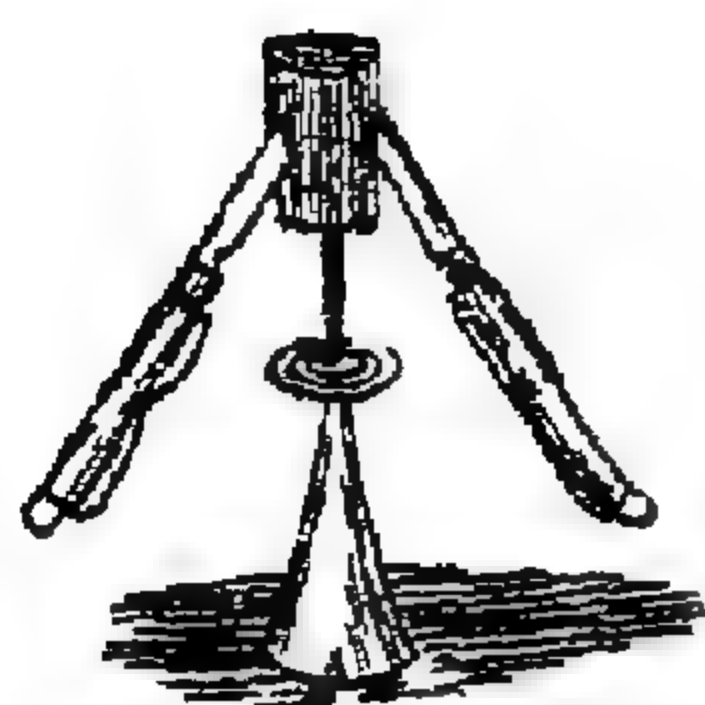


الشكل ١٤



الشكل ١٥

إذا طلب الموازنة الثابتة كما يظهرها إذا أخذنا قرصاً من الخشب ثقلناه بثقل من الرصاص في جانبه كما ترى في الشكل، حتى يصير مركز ثقله عند حافة أو وضعنا حينئذ على سطح مائل يصعد عليه حتى يصير مركز الثقل حاسف من الجسم الذي يحسب نقطة التعليق.



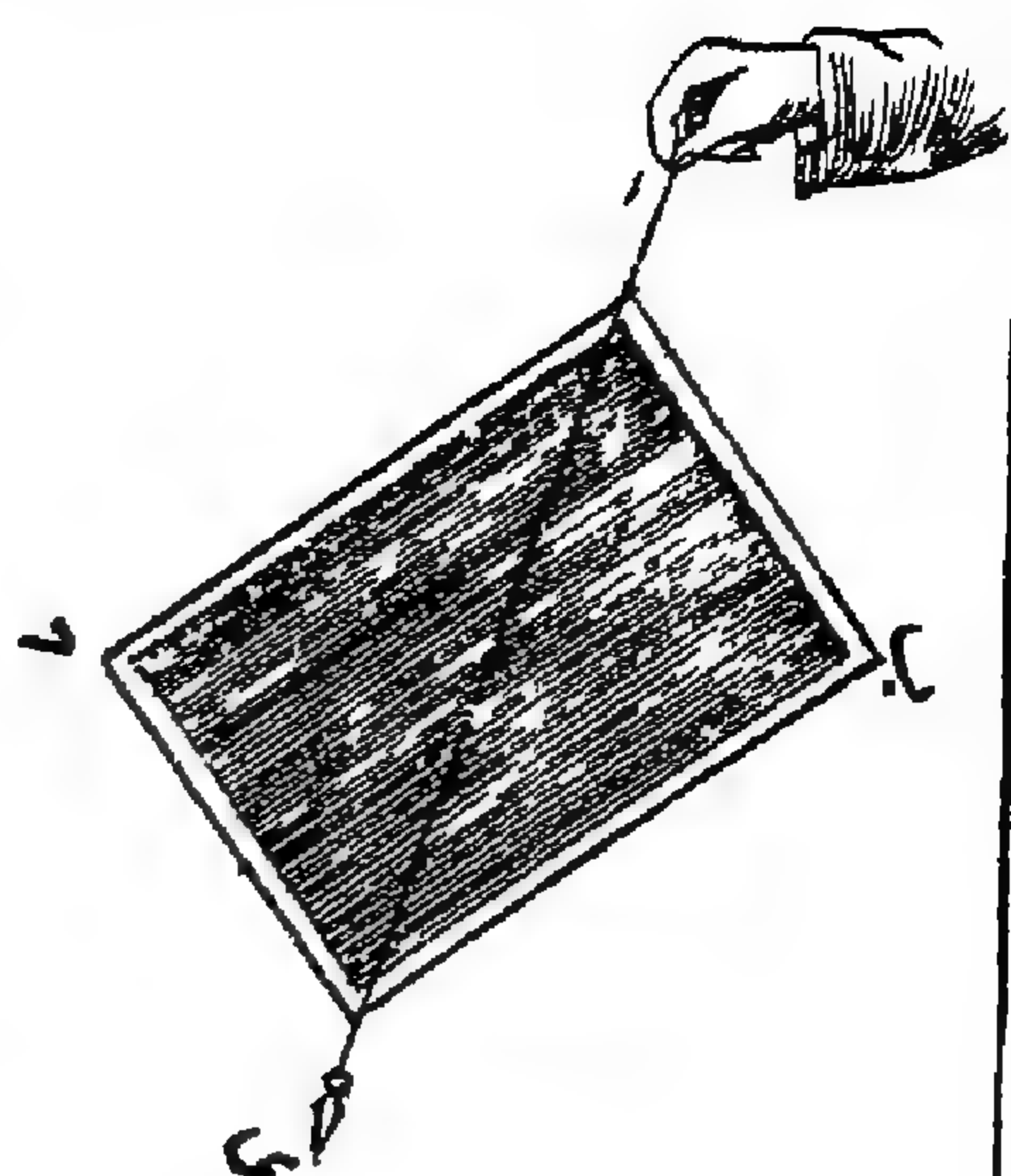
الشكل ١٨

إذا اردنا ان نوقف ابرة على راسها فليغير طرفها طرفها الثاني عند ثقلها في فليئة مغرو فيها سكينان كما ترى في الشكل ١٨ فيصير مركز ثقل الجميع تحت نقطة الارتكاز وتهدأ على راسها بالموازنة الثابتة.

ثانياً. إذا كان مركز الثقل فوق نقطة التعليق والارتكاز وإذا كانت الحركة تهبط قليل اند في حال الموازنة غير الثابتة. فإذا أخذنا الفليئة متوازنة كما في الشكل ١٨ وقلبناها عسر علينا ان نجعلها متوازنة و ان توازنت تكون سريعة الوقوع لان ادنى حركة تهبط مركز ثقلها. ثالثاً. إذا كان مركز الثقل هو نقطة التعليق والارتكاز وإذا كانت الحركة لا ترفع ولا تهبط قليل اند في حال الموازنة المطلقة. فإذا أخذنا كرة متساوية الكثافة ووضعناها على سطح مستو توقفت كيفما وضعت لان مركز ثقلها يتحرك في خط مواز للسطح المذكور كيف اردناها فحينئذ يقال ان موازنة الكرة مطلقة.

(٢٥٢) معرفة مركز الثقل: يُعرف مكان مركز الثقل إما يجعل الجسم متوازناً أو بتعليقه من زاوية من زواياه كما ترى في الشكل ١٩ ترتبط رصاصه بطرف خيط وتعلق بالزاوية المشار إليها فيستعلم منها خط الجهة أي ثم تعلق بزاوية أخرى فيستعلم منها خط الجهة ب دفنقطة تقاطعها هي مركز ثقله.

(٥٣) ان من ميعز النظر فيما تقدم لا تقصر عليه فهم القضايا الالهية وهي اولاً ان الجسم لا ينقلب فيسقط مادام خط الجبهة داخل قاعدة ولكنه يسقط حال وقوع خط الجبهة خارجاً مثاله اذا وقف انسان منتصباً ملتصقاً بحائط والرد الى ينقط شيئاً موضوعاً قريباً من حبله حانياً الجزء الاعلى منه فانه يقع حالاً لان الحائط يمنع كفة عن التأخر الى خلف ليوسع قاعدته فتبقى ضيقة و



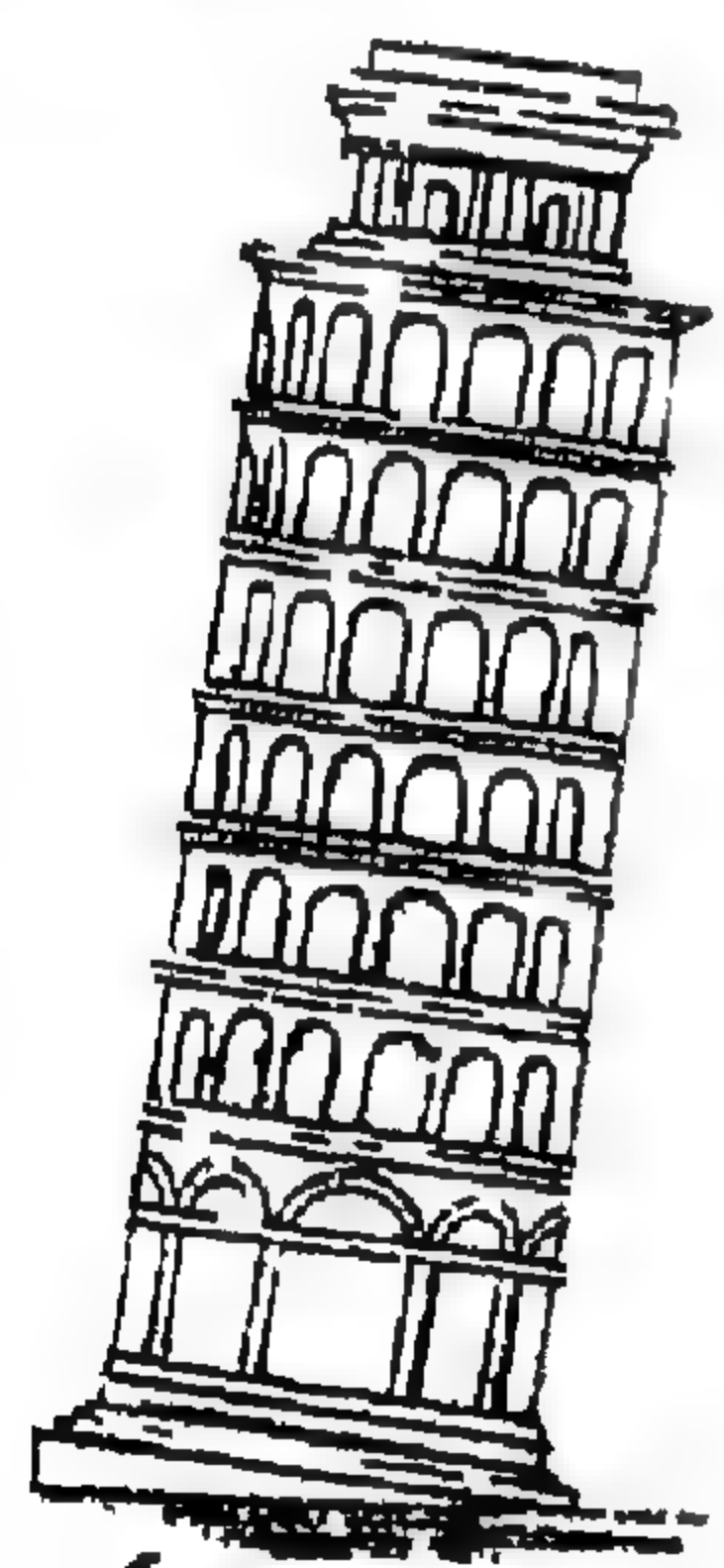
الشكل ١٦

لا يستطيع ان يثبت نفسه عند انحنائه لا لثقل الشئ مهما كان حاداً او نشيطاً فان كل من ينبغي لاخذ شئ ما وهو واقف فلا بد ان يؤخر كفة الى خلف لكي يوسع قاعدته فلا يسقط.

ثانياً. بقدر ما يتحمل رفع مركز الثقل لجسم مع بقاء خط الجبهة داخل قاعدة الجسم يكون ثبوته في محله اضعف.

ثالثاً. بقدر ما يسفل مركز الثقل في جسم لصير اقوى ثبوته في محله.

رابعاً. كلما ضاقت قاعدة الجسم وزاد علوه ضعف ثبوته وكلما اتسعت قاعدته وقل علوه قوى ثبوته.

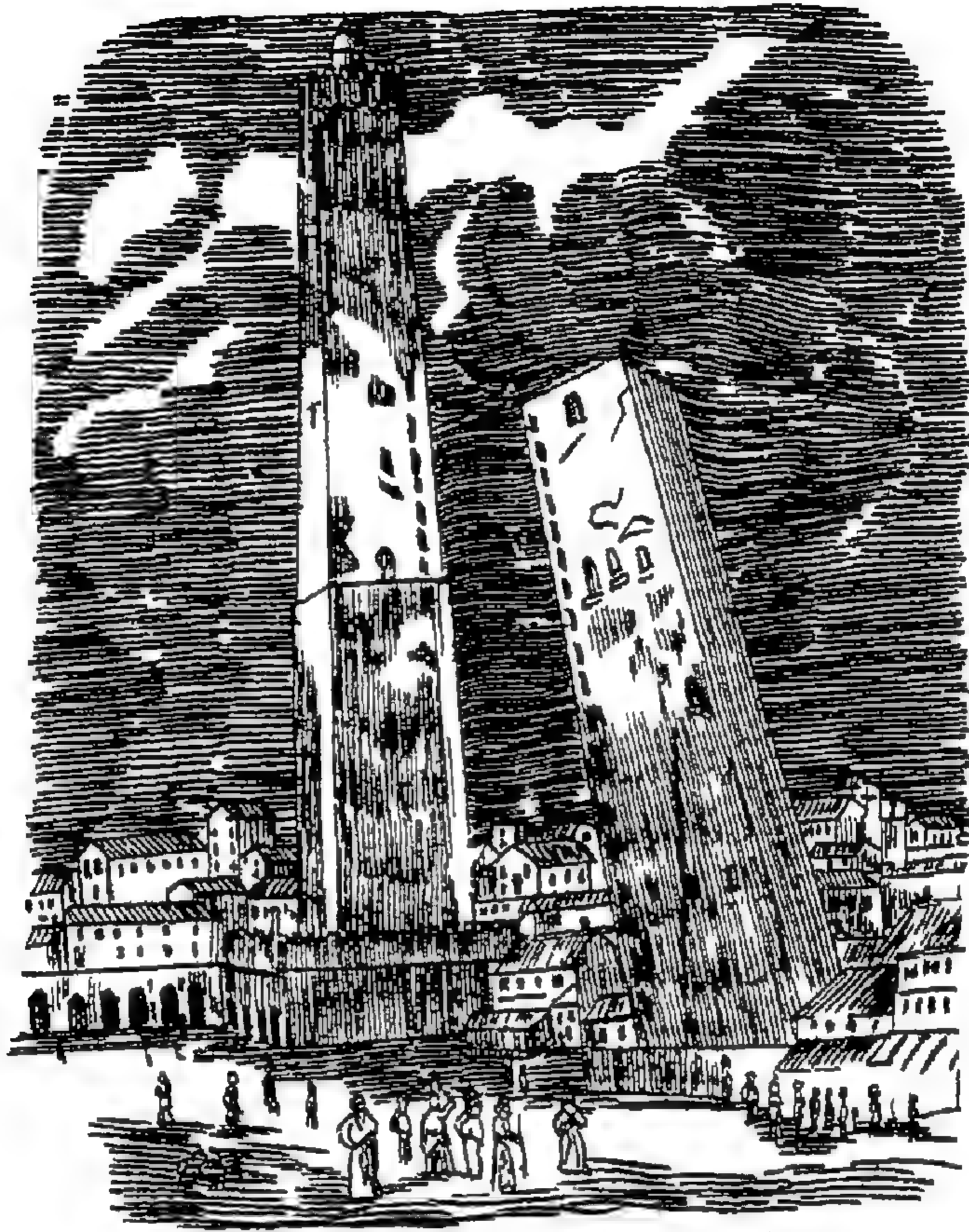


الشكل ٢

(٥٤) الامثلة على ما تقدم برج بيزا ايطاليا فان علو

قدمها ورأسه مائل ه اقد ما عن قاعدته كما ترى في الشكل ٢. ولكن خط الجبهة واقع داخل قاعدته كثيراً حتى صار له اكثر من سبع مائة سنة مبنياً ولم ينزل واستخاناتها كما كان قد يما. واذا وقف انسان غريب عند اسفله اجفل خائفاً من هوله عليه لعظم ميله. وسبب وقوع خط الجبهة داخل قاعدة تجمع ميله وان الجزء الاعلى اسفل

منه مبنى من حجار كثيفة جداً ووسطه من قرميد واعلاء من حجر خفيف ذي مسام
ويقارب برج بيزا في الغرابة برجا بولونيا الشكل ٢١ فان الاقل علواً منهما مائل
اقدام عن الخط العمودي وعلوه ٣٠٠ قدماً.



الشكل ٢١ برج بولونيا المائل

(٥٥) ان الانسان يراعى شروط مركز الثقل في اكثر حركاته عن غير
قصد وتكلف. فان قدميه والفسحة التي بينهما هي قاعدة جسده
ولذلك اذا اراد ان يوسع هذه القاعدة يميل ابهامي قدميه الى
الوحشية اي الى الخارج. واذا اراد ان يقف على رجل واحدة يميل
ليوقع خط البهة داخلها واذا حمل دلو ماء ينحني الى البهة المقابلة
ليوازنه. واذا صعد الى جبل ينحني الى الامام. واذا انحد رعنه يميل الى
الوراء. واذا اراد ان ينفض عن كرسی ينحني الى الامام فيقع مركز الثقل
فوق قدميه والا فعضلاته تعجز عن رفع حبه. واذا مشى يميل

الى الامام يوقع مركز ثقله امامه ولذلك لا يكون المشي الا نوعاً من السقوط. واذا
ركض يميل الى الامام اكثر مما اذا مشى ولذلك لا يكون الركض الاسقوطاً
اسرع من سقوط المشي

م

✱

الفصل الخامس

فى الرقاص

٥٦١ حد ود. الرقاص هو كل ثقل معلق بحيث يتحرك بغير ما نفعه. وخطران الرقاص هو حركته ذهاباً وإياباً بقوة الجاذبية والاستمرار^(١) وقوس خطراته هي نفسية التي يتحرك فيها فاذا خطر في تلك القوس من طرف الى طرف قيل انه خطر نصف خطرة او خطرة مفردة واذا خطر من طرف وعاد اليه قيل انه خطر خطرة كاملة او مزدوجة. وسعته هي مقدار تلك النفسية. واذا خطر في اوقات متساوية فخطراته تسمى متساوية الاوقات. وهو اما بسيط واما مركب فالبسيط ما تألف من ثقل فقط معلق بخيط لا ثقل له وهذا عديم الوجود لانه لا يوجد خيط عديم الثقل وانما يفرض موجوداً ليتوصل به الى معرفة لوايس الرقاص. والمركب هو كل جسم يجعله يخطر حول نقطة كرقاص لساعة. وهو في الغالب مؤلف من قضيب من الزجاج او الفولاذ ومتصل من راسه لصفيحة مدبنة من الفولاذ ومن طرفه بقطعة من النحاس او معدن آخر عدا سية الشكل او كرويته.

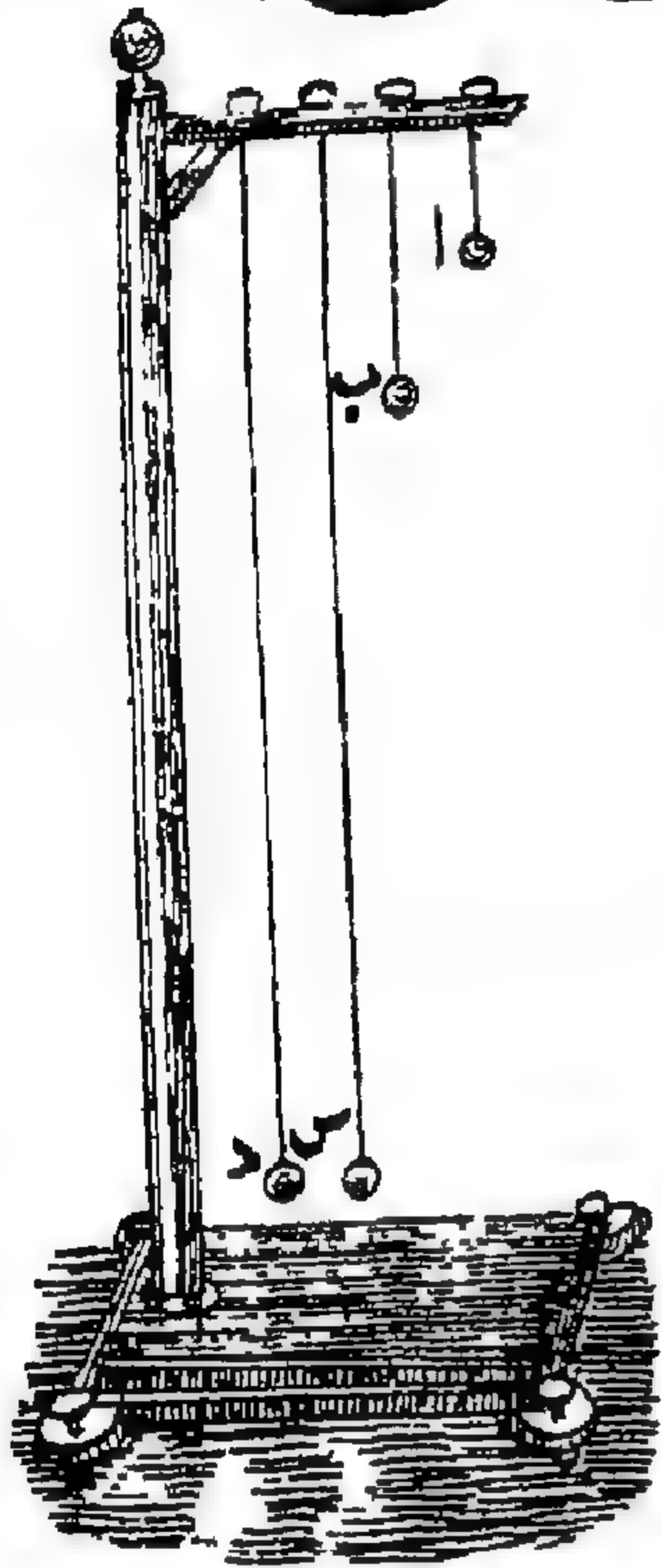
(٥٤) لوايس الرقاص. للرقاص اربعة لوايس الاول ان خطرات رقاص واحد تكون متساوية الاوقات اذا كانت سعاتها

(١) اذا ترك الرقاص لذاته فانه يسكن بجاذبية الثقل في خط سمي. ثم اذا حرك بغير ما نفعه حتى يبلغ نهايته قوس خطراته فترده الجاذبية الى وضعه الاول ولكنه يتجاوز ذلك بالاستمرار حتى يبلغ نهايته قوس خطراته من الجهة الاخرى فترده الجاذبية ايضا فيخطر كذلك حتى تسكنه قوة اخرى.

صغيرة. فاذا حركنا أكثر من الكرات الأربع المرسومة في الشكل ٢٢ وعدنا
الخطرات التي تخطرها في دقيقة واحدة وجدناها متساوية.

اكتشف هذا الناموس العلامة غيلو وهو قتي. وكيفية اكتشافه له انه كان جالسا في
كنيسة بيزا بايطاليا فرائى قد يلامدلى من قبة الكنيسة يخطو ذهابا وايابا فراقب اوقا
خطراته فوجدها متساوية فاستدل منها على قياس الوقت بها.

الثاني ان وقت الخطران لا يختلف مهما كانت مادة ثقل الرقاص
فاذا كانت الكرة س في الشكل ٢٢ من حديد والكرة د من خشب تخطران
معاً في وقت واحد.



الشكل ٢٢

الثالث اذ اخطر اكثر من رقاص واحد
واختلفت طولاً فاوقات خطراتها لا تكون
متساوية بل متناسبة للجذور الممالة من أطوالها
فاذا كان طول ا في الشكل ٢٢ طول س وخطرا
معاً يسرع ا ثلاث مرات سرعة س لان الجذر
الممالي من ٩ هو ٣ واذا كان طول ب ربع طول
س يسرع ب سرعة س قرنين. وبالعكس اذا
خطر اكثر من رقاص واحد فاطوالها تكون
مناسبة لمربعات اوقات خطراتها فالرقاص

الذي يخطر خطرة واحدة في الثانية يكون طول ٢٢ مثال طول رقاص
يخطر خطرة واحدة في نصف ثانية.

الرابع اذ اخطر رقاص واحد فاوقات خطراته تختلف باختلاف
الاماكن على سطح الارض اى انها تقصر بقدر ما يزيد الجذر الممالي من قوة
الجاذبية فاذا اخطر على خط الاستواء كان خطراته ابطأ عما يكون على

(١) واما اذا كانت ساعاتها كبيرة كما اذا دقت عن اربع درجات او خمس فلا يصدق تماماً.

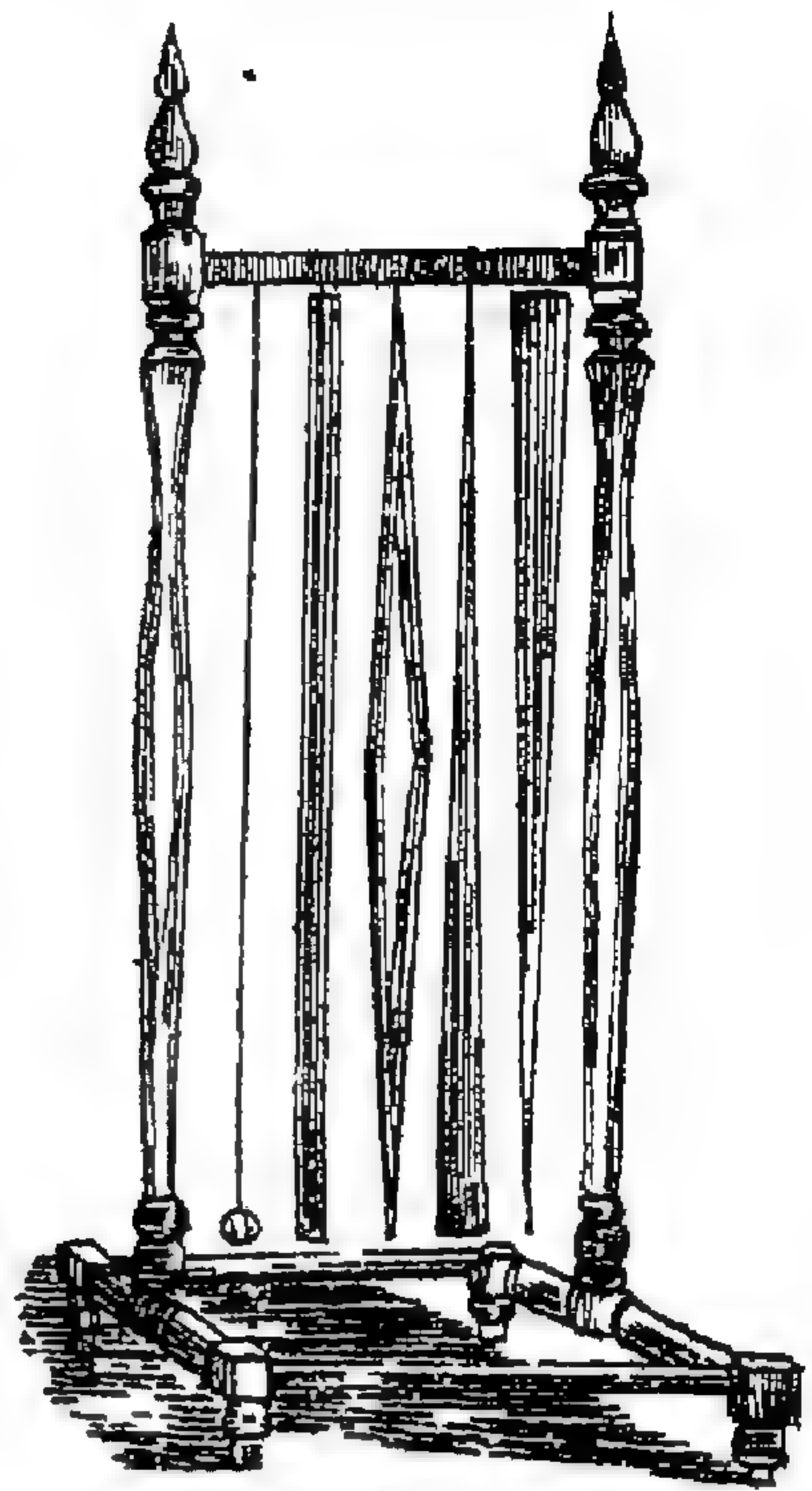
عرض آخر. واذ اخطر على قطبين القطبين كان اسرع لان اضعف الجاذبية
على خط الاستواء واشد ما على القطبين كما مر عدد ٢٥٨ ولما كانت
الاطوال مناسبة لمربعات اوقات الخطران فطول الرقاص الذي يخطر
خطرة في الثانية يختلف باختلاف العرض على سطح الارض كما ترى

في سبتسبرجن	٥٨	٢٩	٥	٥٩	٢٦	٢١	٤	٣٥	من القيروط
في ادنبرج	٣٠	٥٨	٥٥	٥٢	٥٢	١٥	٩	٣٩	"
في لندن	٠٨	٣١	٥١	٩٠	٩٠	١٣	٩	٣٩	"
في جاميكا	٠٤	٥٦	١٤	٥٠	٥٠	٣	٩	٣٩	"
في سيرايني	٢٨	٢٩	٠٨	٩٥	٩٥	١	٩	٣٩	"

وكذا يختلف الرقاص الذي يخطر في غير الثواني.

(٥٨) مركز الخطران. ان طول الرقاص المطلق يقاس من طرفه
الواحد الى طرفه الآخر واما طول الحقيقي فيقاس من نقطة تعليقه الى
مركز خطران. ومركز خطران يتغير ما يأتى وهو: ان القسم الاعلى من الرقاص
يخطر اسرع من القسم الاسفل وبذلك يزيد سرعة الرقاص من القسم الاسفل
يبطئ عن الاعلى وبذلك يقلل سرعته. فلا بد من ان يكون بين القسم الاعلى
والقسم الاسفل نقطة لا تسرع ولا تبطئ عما لو تحركت وحدها معلقة بمحيط
وهي فهذه هي مركز الخطران وموقعها تحت مركز الثقل قليلا. ويظهر
ما يحصل من الفرق بين طول الرقاص الحقيقي وطوله المطلق من الشكل ٢٣
فانه يحتوى على رقاصات مختلفة الاشكال طولها المطلق واحد واما
طولها الحقيقي فمختلف فاذا حركت معا نفاوت اوقات خطراتها
فلا يخطر اثنان منها في وقت واحد.

(٥٩) معرفة مركز الخطران بالتحريك من اجعلت نقطة التعليق مركز الخطران وجعل مركز الخطران نقطة التعليق في الرقاص كما كان فلذلك اذا تحققنا وقت خطران قاص ثم اردنا انهما عليين نقطة التعليق الى اسفل وعلقنا به بنقطه اخرى فحينئذ مرجع وقت خطرائه كما كان كانت تلك النقطة هي مركز الخطران فتحسب نقطة التعليق وتحسب نقطة التعليق مركز الخطران



الشكل ٢٣

ويعرف مركز الخطران بطريقة اخرى ايضا وهي ان تربط الرصاصه بخيط دقيق خفيف فتعسب رقاصا بسيطا لان الخيط يكاد يكون بلا ثقل الخفة بالنظر الى الرصاصه ثم تعلق الخيط بالمحور المعلق

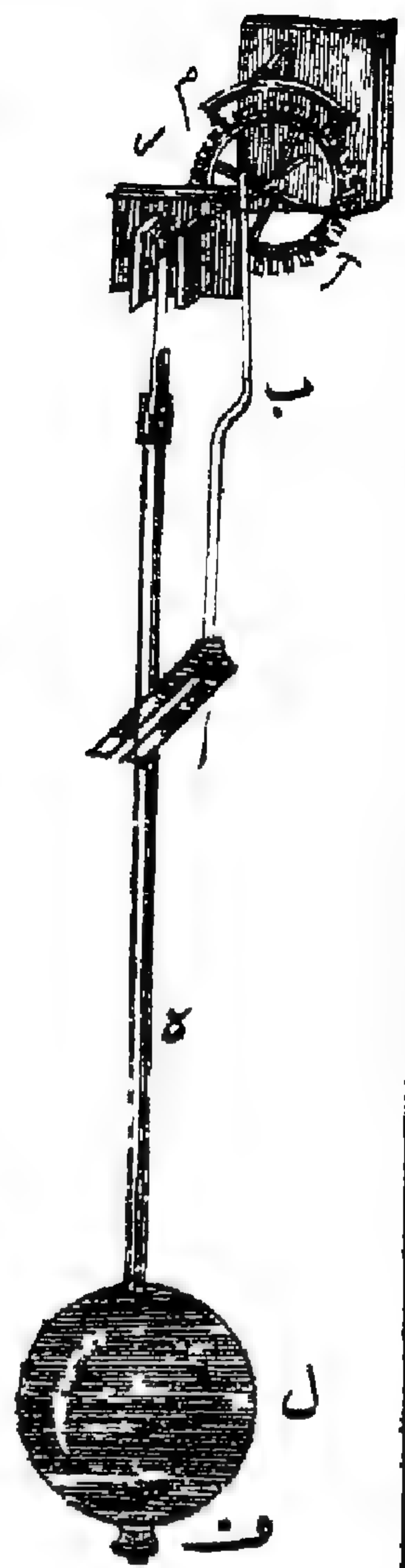
به الرقاص المطلوب مركز خطرائه بحيث يقع تجاه الرقاص وتتحركه ولطيله او قصوره اذا اقتضى الامر حتى يخطر هو والرقاص في وقت واحد وصق هذان في المساحة التي يتحرك فيها رقاص الرصاصه ونستعلم مركزها فهو مركز الخطران بالتقريب .

(٦٠) قياس الوقت بالرقاص . اذا علقنا رقاصا بمسمار وحركناه في خطر مدّة ثم مهدا لانه يمتك بالمسمار وعند نقطة تعليق فتقل حركته وكان الهواء يقاوم وهو يخط فيه فتقل حركته ايضا حتى ينفق فاذا اريد ان تحركه تحركه دائما افضل بعض الشيء انما يحسره بالاحتكاك ومقاومة الهواء وذلك يكون باستخدام الدواليب وادوات اخرى كما ترى في الساعة الاعتيادية فان آلاتها انما يقصد منها اداة حركة الرقاص وعد خطرائه .

انظر الى شكل ٢٢ فان ردولاب بديرة الثقل والزنيك ولم يرسمها هنا ومن شاكوش يحرك بالماسك المشعب اب ويمسك اسنان الدولاب بطرفيه فكما خطر الرقاص خطرة مزدوجة بفلت الشاكوش ستان اسنان الدولاب فتعد خطرات الرقاص بذلك . فالاحتكاك ومقاومة الهواء يعوض عنها بالثقل او الزنيك

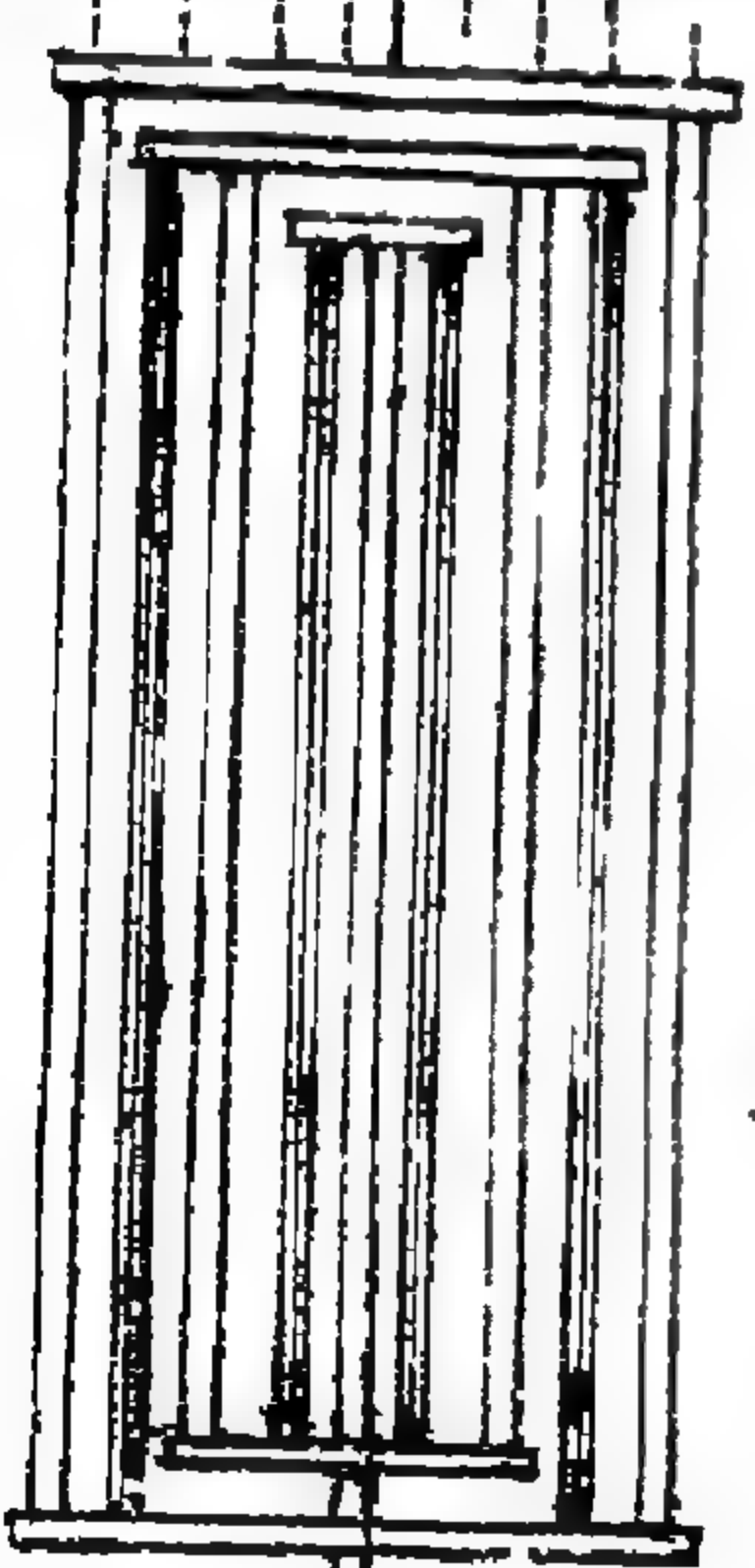
الذي يدور الدو لآب لآته يشد بالدو لآب دآمآ فآذا اقلنتآ
سن من اسنآنه من الشآكوش تدفع الشآكوش
فتصل قوآة الدفع منه آلى المآسك المشقب ومن المآسك
آلى الرقاص فآستعآن بهذه القوآة على مقآومآه الاضآك و
الهوآء وآبقى متحركآ على الدوآم ثم آذا اتصل بآهور الدو لآب
عقرب آدور على مآنآ فكلما اقلت من الدو لآب سآت
آدور والعقرب على لمآنآ فآقآد خطرآن الرقاص فآقوآة الوقت
بذلك . وآتضح كل مآ تقدم من النظر آلى آلات سآعة دآئرة
(٤١) آآخوآ سآعات وتقدّمآ مآ . لآ آآقوآآ الحرآة

تملآ دآ لآجسآ مآى تكبر حجمآ والبرودة تقلصآ مآى
تصغرآ فلذلك لآطول الرقاص فى الصآف آقصر
فى الشآء فآآخوآ سآعات فى الصآف وتقدم فى



الشكل ٢٣

الشيء بعد ٥٥ الناموس الثالث



الشكل ٢٥

الشيء بعد ٥٥ الناموس الثالث
وآصل ذلك برفع ثقل الرقاص
ل آو آخفضه بآسطة اللولب

ف فى آآخر القضيبت .

(٤٢) الرقاص التعولضى او المصعب . هذا الرقاص
سولف من قضبان نحاسية وقضبان فولاذية متصلة
بعضها ببعض على شكل ان قضبان النحاس ن ن
ن فى الشكل ٢٥ تطول صاعداً آذا تآدبت و
قضبان الفولآذ ف ف ف تطول نآزلا فآبقى
مركز الخطرآن آآر سآغآر ولو تغيرت درجة الحرآة
والرقاص الزئبقى لآشقل على كآس فى هآزئبق

فاذا ارادت الحرارة وتمدد قضيب الرقاص نازلا يتمدد الرشق في الكأس صاعدا فيبقى مركز الخطان في محله.
 (٦٣) فواند الرقاص * أولا لما كان وقت خطران الرقاص يدل على قوة الجاذبية عدد ٥، الناموس الرابع، ولما كانت قوتها الجاذبية تنقص بقدر ما يزيد مربع البعد عن مركز الارض عدد ٢٢ ثانياً فاذا انتقلنا بالرقاص من مكان الى آخر عرفنا من خطرائه طول نصف قطر الارض في ذلك المكان ومنه معرفة طول نصف قطر الارض في أماكن شتى يعرف شكل سطحها ثانياً اذا استعملنا قوة الجاذبية في مكانين استعلم منها على جسم ساقط (عد ٢٢) ثالثاً يمكن استعمال الرقاص قياساً ثابتاً للمقاييس فان الاقسية الانكليزية منقولة عن طول رقاص الثواني في مدينة لندن. رابعاً ان العلامة فوكول اثبتت دوران الارض عياناً بالرقاص وهذه الفائدة الاخيرة والفائدة الاولى يستوفي الكلام عليهما في علم الهيئة وللرقاص فواند اخرى لا يحل الاستيفاء هنا.

(٦٣) مسائل للمقرئين * (١) اذا سقطت تفاحة الى الارض فكر تنهض الارض ملافاً (٢) على الجبل يزيد ثقل الجسم ام في الوادي. (٣) اسقوط الاوقية (بطاً من سقوط الاوقيتين ام لا (٤) القى حجر في بئر فلم يبلغ قعرها الا بعد ثلاث ثوان فكم عمقها (٥) هل يكون مركز الثقل داخل الجسم دائماً. (٦) اين مركز الثقل لحلقة من حديد الجواب في مركزها. (٧) اين مركز الثقل لكرة متساوية الكثافة. (٨) لماذا تمتد حوز الكرة عن الجبل (٩) لماذا يدحرج الجسم المستدير اسهل مما يدحرج المربع. (١٠) لماذا ليسهل قلب صنعت من البلان وليسر قلب حبل من الحجارة (١١) لماذا يكون الهرم امن الابنية. (١٢) لماذا يحل البهلوان عصاً ثقيلة طويلة وهو يمشي على الحبل. الجواب. ليوسع قاعدته فيقل الخطر عليه من السقوط. (١٣) اذ حُمِلَتْ ساعة الى رأس جبل اشترى ام تأخر. واذا حُمِلَتْ الى القطب الشمالي. (١٤) انقص

رقاص ساعتك ام تطوله في الشتاء. (١٥) لماذا يفصل ان يكون ثقل الرقاص مسطحاً
 لا كروياً. (١٦) ما هو سبب تلك الساعة. (١٧) كم هو طول رقاص يخطر خطرة في الدقيقة
 على عرض نيويورك (طول رقاص الثواني في نيويورك ٣٩١٠ القيراط) الجواب (ثانية ١):
 (١٨) (ثانية ٢): ٣٩١٠ القيراط: ٢٨٢ الميل وهو المطلوب. (١٨) وكم هو طول رقاص فيها
 يخطر خطرة في نصف ثانية. وآخر يخطر خطرة في ربع ثانية. وآخر خطرة في الساعة (١٩)
 اذا كان طول رقاص ١٦ قيراطا وطول آخر ٦٣ قيراطا فما هي نسبة وقت خطراهما
 الى وقت خطران الآخر. (٢٠) اذا وقعت بلبصق حائط فلما اذا التقدر ان ترفع حجراً من بين
 قدميك. (٢١) اذا سقط حجر عن راس برج علوة ٩٠ قدما فما هي سرعة يصيب الارض
 (٢٢) بقى جسم هوان ساقطاً فما هي سرعة يصيب الارض (٢٣) رُمي جسم الى فوق بسرعة
 ١٩٢ قدما في الثانية الاولى فالى اي علوة يصل. تحل هذه المسئلة كما تحل الآتية: كم يسقط
 الجسم حتى تصير سرعته ١٩٢ قدما (٢٤) اذا اطلقت رصاصة الى فوق بسرعة ٢٥٦ قدما
 فالى اى علوة تصل وكم تبقى صاعدة. (٢٥) لماذا لا تنزل نقطة المطر بنهم مطابق لتوازي
 الاجسام الساقطة. الجواب لصغر حجمها فيقاومها الهواء حتى يفتي سرعتها تقريبا. ولولا
 عناية البارئ تعالى في مقاومة الهواء لكانت سرعتها تزيد حتى تصير في آخر الدقيقة
 الاولى من وقوعها مثل سرعة قنبلة المدفع ولكان المطر شر على البشر والارض بأسرها
 من رصاص المتجاريين عند اشتداد المعارك. (٢٦) هل يكون خطان سمتيان
 متوازيين. (٢٧) سقط حجر عن جرف فاصاب الماء في ثلاث ثوان فما هو علو الجسر (٢٨)
 سقط حجر عن راس برج كنيسة فاصاب الارض بعد اربع ثوان فما علو البرج. (٢٩) اذا
 سقط جسم عن ارتفاع ١٢٠٠٠ ميل عن سطح الارض فكم يسقط في الثانية الاولى الجواب
 على هذا الفرض بعدة عن مركز الارض ٣ اضعاف بعد جسم على سطح الارض عن المركز
 نجا ذبته تكون ٩ من جاذبية ٩ = ١٦ x ٩ قدم (٣٠) وزن جسم على سطح الارض
 مائة قنطار فما وزنه على ارتفاع ١٠٠٠ ميل عنه. (٣١) اراد ولد ان يستعلم علو برج
 فرمى اليه سهماً فبلغ السهم راس البرج ونزل الى الارض في ٦ ثوان فكم علو البرج.

(٣٢) سقطت هرة من منطاد قاصبات الأرض في عشر ثوان فمن أي علو سقطت (٣٣)

طول رقاص ٣٠ قدما ففي كمين الزمان يخطر خطه واحدة. الجواب ١٠ إذا فرض
طول رقاص يخطو ثواني في بيروت ٣٩ قيراطا تقريبا تكون النسبة بموجب (عد

٥٤) هكذا ٣٩ : ٣٠ :: ١٢ : ١٠ و ١٢ : ١٠ :: ٣٩ : ٥٤ تقريبا. (٣٣)

وزن جسم على سطح الأرض ٢٠٠٠ أوقية فما وزنه على ارتفاع ٢٠٠٠ ميل

عنه. وعلى ارتفاع ٥٠٠ ميل. (٣٥) على أي ارتفاع عن الأرض

يسقط الجسم في الثانية الأولى ١٢٠ قدم فقط. الجواب ١٢٠

١٢ : ٢٠٠٠ :: ٢ : مربع البعد - ٥٤٤ ٥٤٤ ٢٠٠٠ وجذر هذا

المالي ٢٥٥٦ ميلا تقريبا وهو البعد عن مركز الأرض

الطرح ٢٠٠٠ بعد سطحها عنه يبقى ٥٥٦ ميلا فلهذا

العلو يسقط ١٢٠ قدم في الثانية. (٣٦) كم

يسقط الجسم في ٨ ثوان. وفي الثانية الثامنة

وفي ١٠ ثوان. وفي الثانية الثلاثين.



في تاريخ الساعات

كان القدماء يقسمون الوقت بالآلات كلية البساطة اقد منها المرولة راي الساعة الشمسية) والساعة الرملية والساعة المائية وهي عبارة عن كون مشقوبة تملأ ماء وتوضع فوق وعاء فيه جسم خفيف فينزل الماء من ثقبها الى الوعاء ويطفو الجسم الخفيف عليه فيستعمل الوقت من ارتفاع ذلك الجسم. وقد تفنن العرب كثيرا في هذه الساعة واثقوها اثقا عظيما ويقال ان الخليفة هرون الرشيد اهدى شارلمان الافرنجي ساعة بدلية الصنعة في القرن التاسع. وروى المؤرخون ان ملك الانكليز الفرد الكبير كان يقسم الوقت بأضائة شمع متساوية الحجم فيوقد كل يوم ست شمعات واضعا اياها ضمن علب من قرن الحيوان لينعم عنها بما رى الهواء فيستعمل الوقت منها ولم تستعمل الساعة في اوربا قبل القرن الحاد عشر والظاهر انها نقلت اليها عن العرب ولا استعمل الرقاص فيها قبل اوائل القرن السابع عشر. ولما صنعوا الساعة الاولى في بلاد الانكليز سنة ١٢٨٨ م. كان لها عند هم قيمته وسمع حتى انهم وكوا بها رجلا من ذوي المراتب السامية. وكانت ساعات هانيك الاندلس على غايته من الاتقان تدل على حركات الاجرام السماوية ويخرج منها اطياف مفردة وديوك صائحة وجنود مبقوقة واجراس رنانة واساقفة وخوارجة ورهائن وضباط وقواد مختلفة الملابس والحيئات وتمرحل ميناها مخيرة بالوقت. وفي القرن الخامس عشر صنعت الساعات الصغيرة في مدينة نورمبرج بالمانيا وكانت تسمى بيض نورمبرج وشاع استعمالها في القرن السادس عشر فكان منها ما هو صغير كساعات هذه الايام و

ما هو كبير كالصحن غير أنها كانت تدور مرتين في اليوم ولم يكن فيها عقرب للشوا سنة
واللدقائق وكانت مع ذلك عسرة العمل مؤلفة من ١٠٠ قطعة. وفي سنة ١٤٥١.
اختراع الدكتور هيرالدينك فصارت الساعات الصغيرة تجري بدفء الرصاص
وتسهل عملها كثيراً فلا يوجد الآن في الساعات الصغيرة المعروفة
بساعات ولكنهم أكثر من ٢٠ قطعة. وقد برع أهل هذا الزمان في
صنع الساعات براعة غريبة حتى إن بعضها لا يجمل أكثر من دقيقة
في نصف سنة.



الباب الثالث

في الحركة

الفصل الأول

في الحركة والقوة

(٦٥) حدود الحركة الانتقال من مكان الى آخر هي اما مطلقة
واما نسبية. وعدمها السكون وهو ايضا اما مطلق واما نسبي. فالحركة
المطلقة هي انتقال الجسم بالنظر الى جسم آخر تام السكون والحركة النسبية
هي انتقال الجسم بالنظر الى جسم آخر نسبي السكون كالانتقال الانسان
من محل الى آخر فان حركته تكون بالنسبة اليهما. والسكون النسبي مثل
جلوس المسافر في سفينة جارية فانه ساكن بالنسبة الى سواريهما و
بقيته ما فيها ولكنه متحرك بالنسبة الى الماء والاماكن التي تمر السفينة
عليها واما السكون المطلق فلا علم لنا بوجوده.

لا يمكن الجسم سكونا مطلقا الا اذا خلا من الحركة تماما ولا دليل على انه يوجد
جسم كذلك في الكون فان الارض تتحرك بكل ما فيها دائرة حول الشمس وكذلك
سائر السيارات والافئدة وقد ثبت ان الشمس وبعض النجوم الثابتة تتحرك في
السماء ولا يبعد ان تكون النجوم الثابتة كلها متحركة ايضا والمظنون ان كل الاجسام
تتحرى حركة ذاتية مستقلة عن حركة الارض وغيرها من الحركات الظاهرة.

فان الحجر مثلاً يظهر لنا ساكناً على الارض ولكن دقائقه تتحرك تحركاً عفيفاً فيما بينها على ما يُظن ولو كان ذلك لا يظهر باقوى المكبرات. ولما كانت الحركة المطلقة لا تُعرف الا بالنظر الى السكون المطلق وكان هو غير موجود في غير موجودة. ولذلك يقال ان الحركة ناموس من التواميس الطبيعية ولا بد منها لقيام الكون واما السكون فلا يكون الا بالنسبة اليها. ومعدل الحركة هو السكون فاذا تحرك جسم عشرة اميال في الساعة قيل ان سرعته عشرة اميال

(٦٦) انواع الحركة في الحركة اما مستقيمة واما منحنية. والمستقيمة هي التي يتحرك بها الجسم في خط مستقيم والمحنية هي التي يتحرك بها الجسم في خط منحنٍ وسيأتي تفصيلها. وكل منهما اما متساوية او متفاوتة والمتساوية هي التي يقطع بها الجسم ابياناً متساوية في اوقات متساوية. مثالها دوران عقرب الساعة فانه يدور على مينائها في اوقات متساوية ودوران دوّاب الماء اذا حرك الماء بقوة متساوية. والمتفاوتة هي التي يقطع بها الجسم ابياناً غير متساوية في اوقات متساوية. فاذا تزايدت الابيان التي يقطعها في وقت واحد قيل ان حركتها المتفاوتة متساوية. حركتها المركبة عند اقل جويها فانهما يتبدى ببطء ثم تسرع تدريجاً وكذلك نزول الاجسام كما مرّ عد ٢٦. واذا تناقصت الابيان التي يقطعها في وقت واحد قيل ان حركتها المتفاوتة متساوية حركتها المركبة عند ما يراى توقيها فانها تثباً تدريجاً حتى تسكن وكذلك صعود الاجسام كما مرّ عد ٢٩

(٦٧) اصناف الحركة. اشهر اصناف الحركة ثلاثة: الاحتكاك والهواء وجاذبية الثقل. فالاحتكاك في اصطلاح الفلاسفة هو الممانعة الحاصلة للحركة الجسم من السطح الذي يزلق الجسم او يتدحرج عليه فالاحتكاك على نوعين احتكاك الزلق واحتكاك التدحرج. والسبب احتكاك الاجسام بعضها على بعض خشونتها فان الاجسام مهما صقلت ومكست لا يزال بعض اجزائها ناشئاً وبعضها غائر كما يظهر اذا نظرت بالمرسك فلو امكنا صقلها حتى تصير ناعمة الملامسة لندلاشي الاحتكاك ولكننا

انما نستطيع الآن ان نقرر احكامها بتزنيب سطوحها او بدورها بالشيء
حتى تمتلئ الاجزاء الغائرة التي فيها فتصير على مساواة النائية منها والاحكام
تختلف كثيرا بين الاجسام فاذا كانت من مواد متشابهة كان عظيمها واذا
كانت من مواد غير متشابهة كان قليلا. واذا زاد ضغطها بعضها البعض
زاد واذا قل قل. وهو كبير المنفعة فلو لا لم تكن فائدة للمساير واللولب
والخيطان والداويب لانها لا تثبت الا به. ولو لا ايضا ما استطاع
الانسان ان يلتفت او يمسك شيئا ولا ان يقف او يمشي بل كان يزلق
كل خطوة اكثر من يزلق على املس الجليد.

والهواء محيط بكرة الارض من كل ناحية فحيثما سار الانسان على سطحها
او صعد عنه الى الجواء ونزل من الجواء الى عارضة الهواء وقاوم حركته. وذلك
لان الانسان اذا تحرك طرد الهواء من مكانه وحل محله وهذا لا يكون
بدون ان يقاومه الهواء. وقد وجد ان هذه المقاومة تزيد بقدر
مربع السرعة. لان مقاومته الهواء على تنزيل بعض قوته الى زخم في كنهها
عن زخم ولنفرض ذلك الزخم يتغير كغير السرعة في المادة
كما سيأتي بعيد هذا فنفرض كمية المادة كـ وس السرعة لذلك مـ
س بـك. ولكن بما انه بزيادة السرعة تزداد كمية الهواء المقاوم
وينقصا منها تنقص تكون سـ هـ كـ وليصغر ان تضع سـ موضع كـ
في العبارة المذكورة فتصير مـ سـ هـ كـ. وهكذا يقال في مقاومة الماء
لجسم يجري فيه.

(٦٨) القوة هي ما يحدث الحركة او يبطلها فاذا دامت تحرك الجسم
كقوة الجاذبية سُميت المنصلا والافهى المنقطعة. واشهر القوات
الطبيعية قوى الجاذبية وقوة الاجسام الخفيفة كقوة الانسان والحيوان
وقوة الاجسام المرنّة. ويعتبر في القوة ثلاثا ثامورا مكان فعلها في الجسم

وجهتها ومقدارها. اما مكان فعلها فهو النقطة التي تفعل بها من الجسم
واما وجهتها في الخط الذي تسير فيه تلك النقطة واما مقدارها فمفهوم
وتقاس عادة بعدة ليبرات او اوطال او غيرها من الاوزان.

اذا ربط ولد حجر بجنيب وجوه فالجسم هو فعل قوته والنقطة التي يربط الجنيب بها من
الجسم هي مكان فعلها والخط الذي يجري الحجر عليه هو وجهتها واما مقدارها فيكون بالنسبة
الى ثقل الحجر

(٧٩) بقاء القوة قد تقدم ان المادة لا تتلاشى بل تتحول من صورة الى اخرى
دعد ١٢) وكذلك القوة فان الطفل اذا رفس الارض برجله بقوة دفعه تتحول الى
حركة فتحرك الارض كلها وهذه الحركة تتحول الى فعل آخر وهو حرا. وعلى هذا الموال
يقطع الجبل خوزة البثوثا كل القدم الناعمة الصغيرة الصماء.

(٨٠) الزخم اذا تحرك جسم بقوة ولم تألف اصدا الحركة حتى
صدم جسما آخر فانه يصدمه بقوة تساوي القوة التي تحرك بها و
تسمى قوة صدمه هذه زخما فالزخم هو مقدار قوة حركة الجسم
ويساوي ثقله مضروبا في سرعته معبرا عنها باقدام او غيرها فاذا
رعى حجر ثقله ٥ اوطال يسرع ٢ قدما في الثانية فزخمه = ١٠ × ٥ = ٥٠
.. اوطال.

(٨١) ان زخم جسم اذا كان ناتجا عن قوة متصلة كقوة الجاذبية
هو اعظم جدا منه ناتجا عن قوة منقطعة اذا كانت السرعة الاخيرة لقوة
متصلة تزداد كالوقت او كربع البين دعد ٢٤) والجسم المتحرك بقوة منقطعة
سرعة واحدة في كل وقت فيبقى زخمه واحدا ولكن الجسم الساقط بقوة الجاذبية
يقاس ويعرف زخمه في آخر وقت مفروض بالحاصل من ضرب سرعته الاخيرة في مقدار
مادته فلو فرض ثقل جسم ساقط بالجاذبية ٢ اوطال كان زخمه في آخر الثانية الاولى ٢٠
١٩٢ وفي آخر الثانية ٣٨٨ فزخمه يزداد الى مقدار فاحش بزيادة الو
في ضربه شاكوش على مساهة او مهدة على حجر او غير ذلك ربما يلزم المساهة

ثقل قناطير فوقه لكي يحركه للنزول في الخشب ولكنه ليسهولة يخترقه بالشاكوش بقوة متصلة وإذا كانت حركته نازلة تساعدة قوة الجاذبية وهذا يعمل الشاكوش إذا كانت الضربة نازلة أكثر مما إذا كانت أفقية. فيلزم إبعاد الشاكوش وزيادة سرعته ليقوى فعل الضربة إذا كانت أفقية. وهكذا يقال في لمهدة.

(٢٠) انشغال الحركة: ان الحركة لا تنقل الى كل اجزاء الجسم دفعة واحدة بل تدريجاً. فاذا اردنا ان ندحرج حجراً كبيراً ندفعه أولاً فلا يتزحرج حتى تنقل حركته الدافع من قيعته الى اخره فيه وتمتد الى كل اجزائه فيتحرك ويتدحرج وإذا استقنا حصاناً يحرك مركبه ثقيلته فالحصان ليسبح برهذه حتى تتحرك المركبة لان حركته جرة لا تمتد الى كل اجزاء العرب الا تدريجاً. فاذا وثبغته فقد يكسر المركبة لانه لا يصير على الحركة حتى تمتد الى كل دقائقها فالدقائق التي تحركت تسير معه والتي لم تحرك تبقى مكانها.

قيل انه اذا فعلت قوة بطرف قضيب من الحديد طول ميل فطرفه الاخر لا يتحرك الا بعد نصف دقيقة من الزمان. إذا ضربنا لوح زجاج بحجر يتكسر كما وما اذا اطلقنا عليه رصاصة فتثقب ثقبا مستديراً على قدرها وتترك الباقي صحيحاً. وسبب ذلك ان الرصاصة لعظم قوتها تثقب اللوح وتنقذه قبل ما تمتد الحركة الى الدقائق المجاورة. واما الحجر فلا ينفذه حتى تكون الحركة قد اتصلت الى بقية دقائقه فيتكسر وعلى ذلك يمكن ان تثقب الشمعة اللينة الخشب القاسي اذا اطلقت عليه من بند فيه لانها تقع عليه بسرعة عظيمة وتنقذه قبل ما تضغط اجزاءها اللينة وترتد. وبعبارة اخرى ان سرعتها حينئذ اذا ضربت بجاذبية الملاصقة التي بين دقائقها زادت قوة عن قوة جاذبية الملاصقة التي بين دقائق الخشب

الفصل الثاني

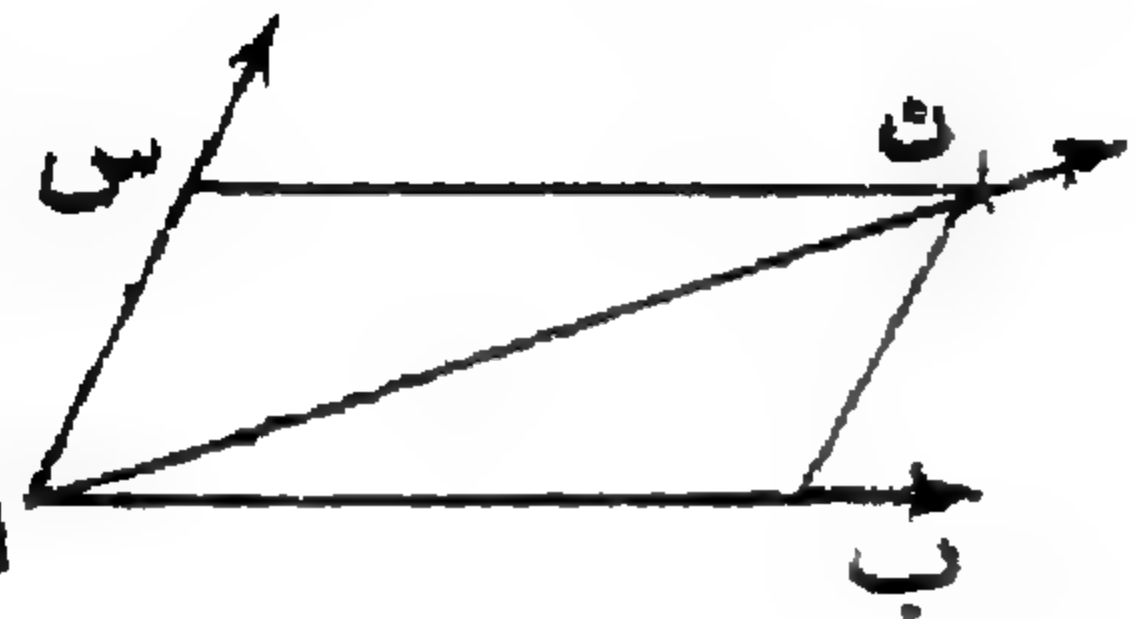
في نواويس الحركة

(٤٣) نواويس الحركة: نواويس الحركة ثلاثة الاول اذا تحرك جسم بقي متحركاً الى الابد في خط مستقيم مالم تمنعه قوة اخرى. فهذا اعذر الاشهاد (عد ١١) ويتضح من خطر ان الرقاص كما ياتي: يصنع الرقاص حتى يخطر بأقل ما يمكن من الاحكام ثم يوضع في قابله من الزجاج فوق مفرغة الهواء. فكما بولغ في تفريغ الهواء طال زمن خطر ان الرقاص قيل انهم اتصلوا في تفريغ الهواء الى ان صار الرقاص يخطر ٢٢ ساعة من نفسه والمظنون انه لو استطاع الانسان ملاشاة كل اصدا الحركة بقي الرقاص يخطر الى الابد. وهذا الظن مبني على انه اذا تحرك الجسم بقي متحركاً الى الابد في خط مستقيم مالم يمنع مانع ولكن لما كان الانسان عاجزاً عن ملاشاة اصدا الحركة كان عاجزاً ايضاً عن اثبات التاموس الاول تماماً بالتجربة.

(٤٤) التاموس الثاني: اذا فعلت قوة بجسم ساكن او متحرك عملت عملاً واحداً سواء كانت وحدها او اقترنت بغيرها ويتضح ذلك من الامثلة الآتية.

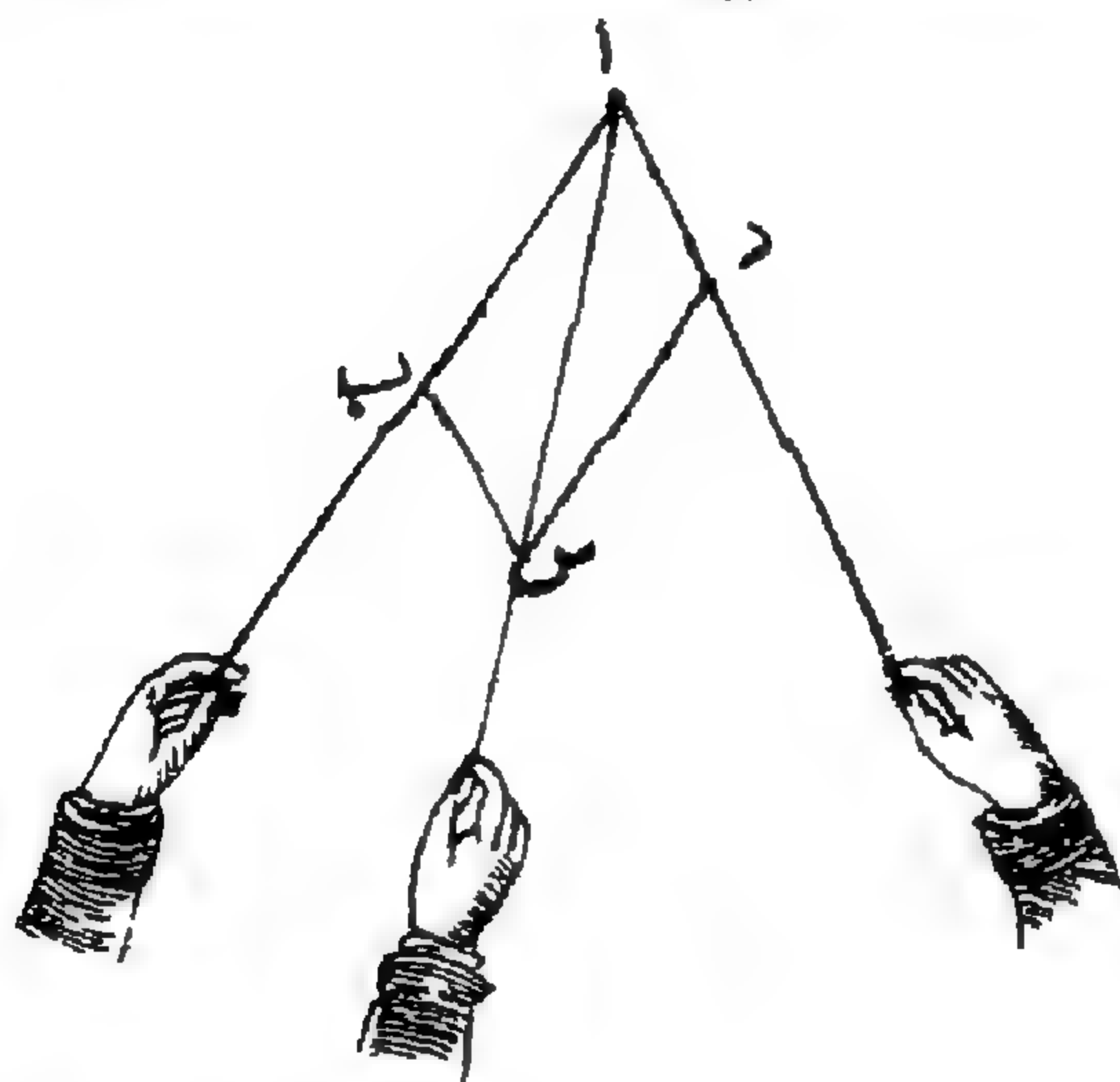
كل الاجسام الارضية متحركة على الدوام لان الارض متحركة ولكننا اذا اردنا ان ننقل جسماً من محل الى آخر فنقله لا يكون اعسر مما لو كانت الارض غير متحركة. واذا رمينا غرضاً من الشمال الى الجنوب او بالعكس فانه يصيبه مع انه يكون قد سار كثيراً قبل

وصول البحر إليه لأن الأرض تتحرك بانجراف على محورها من الغرب إلى الشرق فتكسبه استمرار حركتها لغرض مع حركتها بدفع إلى نخوة وإذا رمينا حجراً في الجوى بقوة تصعد ٥٠ قدماً بعد خمسين قدماً مهما كانت الريح الأفقية الهابّة حينئذ. وإذا أطلقنا قبلة من مدفع في جهة أفقية سقطت وأصابت الأرض في الوقت الذي تصبأ فيه لو سقطت من قم المدفع.



٥٥، الحركة المركبة. لنفرض أنّا وضعنا كرة عند أ في الشكل ٢٦ ثم فعلت بها قوتان كما إذا ضربناهما ضربتين في وقت واحد

ضربة تدفعها في جهة الخط اب والآخرى في جهة اس فهي لا تطأ وقع حدة منهما واحداً بل تسير بينهما في جهة الخط اد ويسمى الشكل اب دس الشكل المتوازي الاضلاع للقوات ويسمى القطر اد النتيجة

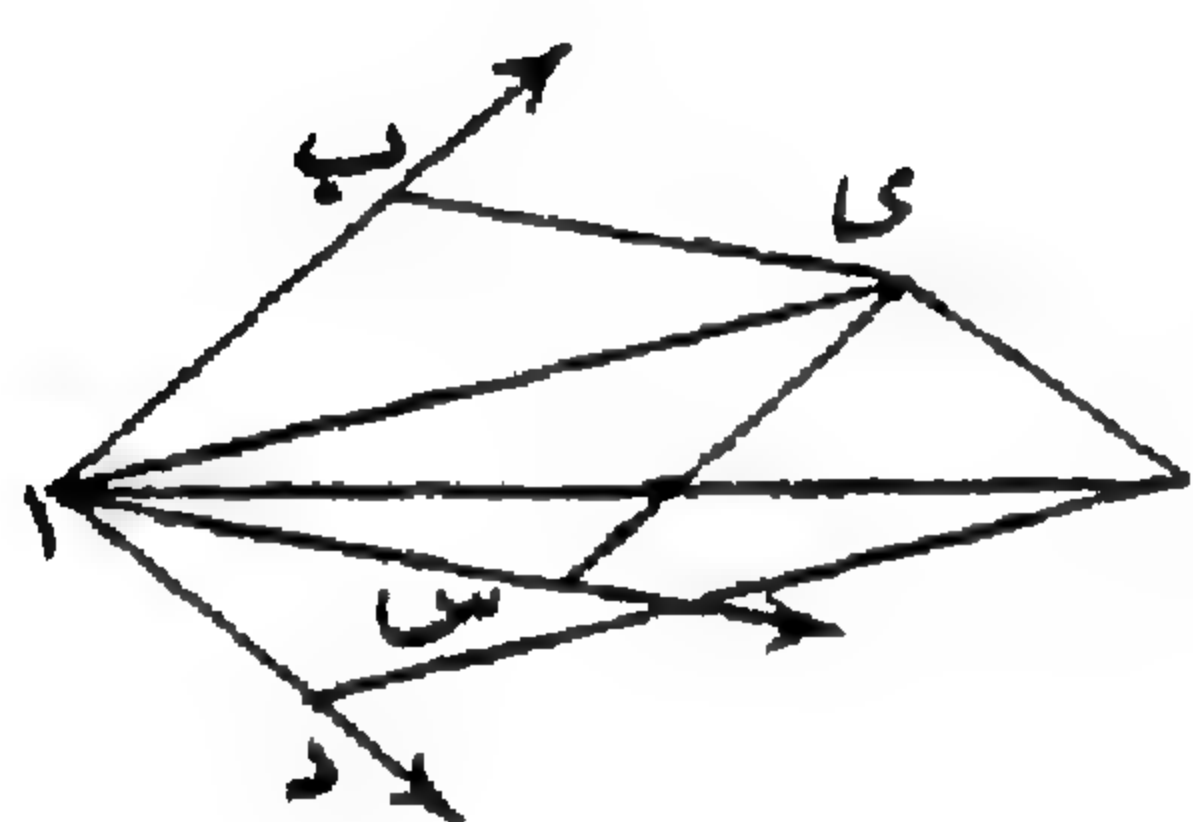


الشكل ٢٤

٤٦، تركيب القوّات. فكما فعلت قوتان بجسم نرسم خطين

١، الخطوط المتوازية هي التي إذا رسمت في سطح مستو لا تلتقي مهما أخرجت كالخطين اب ود س والخطين اد وب س. ولما كان كل خطين متقابلين في هذا الشكل متوازيين سمي متوازي الاضلاع. وخطه هو الخط منه كالضلع اب او ب س وقطره الخط من زاوية منه إلى التي تقابلها كالخط اس.

يدلان على جهتيهما (عد ١٨) ولقطع منها قطعتين كالقطعة ا د والقطعة
اب في الشكل ٢٨ مناسبتين في طولهما لسرعتي القوتين. ثم نتم الشكل
المتوازي الاضلاع فنرسم من ب الخط ب س متوازيا للخط ا د ومن
د الخط د س موازيا للخط ا ب فنرسم القطر ا س فيدل على نتيجة تين
القوتين وهي الجهة التي يسير الجسم فيها. واذا فعل بالجسم اكثر من قوتين
في وقت واحد تستعلم او لا نتيجة قوتين منها كما تقدم ثم تؤخذ هذه
النتيجة وقوة اخرى وتستعلم نتيجتهما وهلم جرا حتى تستعلم نتيجة سائر
القوات.



فاذا فعل بجسم عند ا الشكل ٢٨ ثلاث قوا

اب واس واد يتجد الجهة التي يسير فيها الجسم
برسم شكل متوازي الاضلاع ا س ي ب و

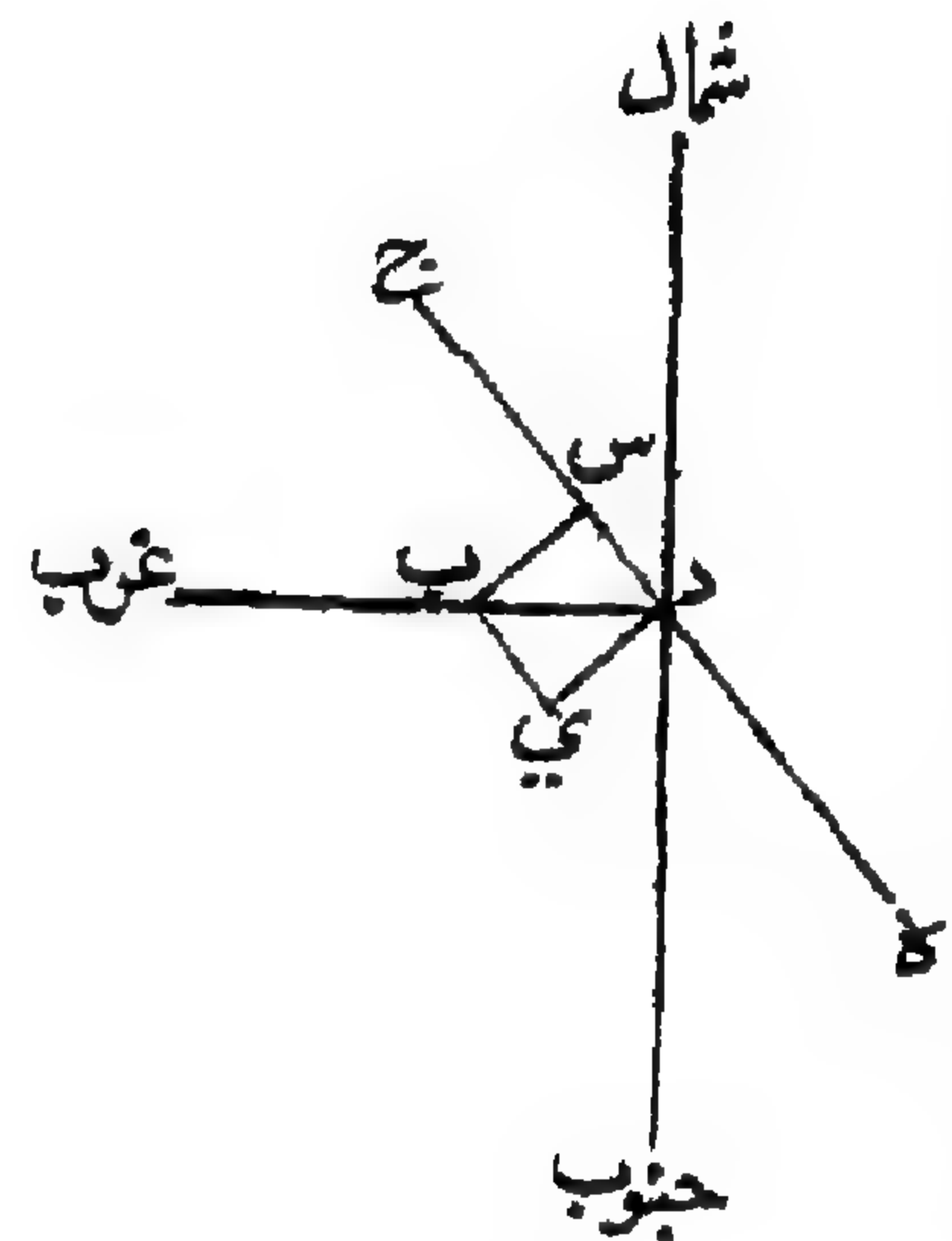
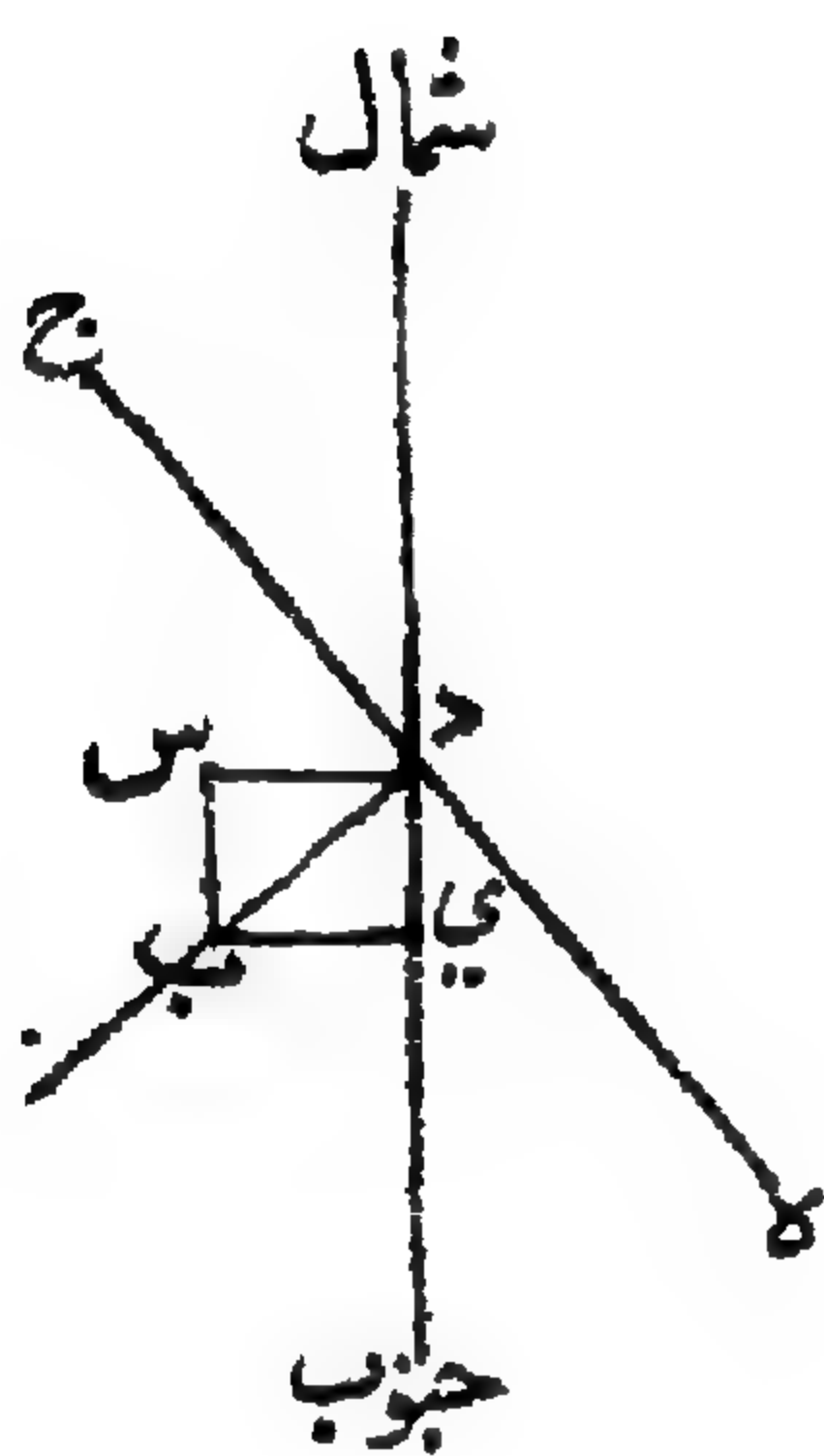
استعلام قطرة اى فيكون نتيجة القوتين اب

واس. ثم ترسم من هذا القطر ومن القوة الثالثة

الشكل ٢٨
اد شكلا آخر متوازي الاضلاع ا د ت ي وتستعلم قطرة ا ت فهو نتيجة الثلاث اى الجهة
التي يسير الجسم فيها بفعل ثلاث قوات اما استعلام كل ذلك فيحساب المثلثات.

د، د، د، مثله تركيب القوات. اذا اراد رجل ان يقطع نهرا في قارب فالنهر
بالطبع ياخذة معه في جريه ولذلك يجذب الرجل نحو مكان فوق المطلوب حتى
يصل الى المطلوب. واذا كان نسان مسافرا في مركبة سريعة المسير ودعى تجرا
على غرض نخطئه اذا لم يرم الحجر الى ما ودا والغرض قليلا. وذلك لان الحجر يكون
مشا ركا للمركبة في السير فاذا رماه الراكب صار مفعولا به من قوتين قوة تأخذه في
جهة المركبة وقوة تأخذه نحو الغرض تماما فيذب في نتيجتهما ولا يصيب الغرض بل
يصيب محلا امامه وهكذا يقال ممن اراد ان يطلق بارودته وقد سلت طلق
رصاصا وخردق وهو في مركبة سائرة. ان الذين يطاردون على الخيل في

مبادئ مستديرة قد ينفذون عن ظهورها ويمتدون في حلقات معلقة أمامهم ويعودون إليها دون ان يمسا الارض. وكيفية قفزهم انه اذا قارب الفارس منهم الحلقة وشب عن ظهر جواده الى الاعلى فيكون مفعولا لقوتين احدها وتوجه الى الاعلى والاخرى سرعته جواده فيذهب في نيتجهما ويمر في الحلقة ويرجع راكباً على متن الجواده ان الطائر يحرك الهواء بجناحيه فيذهب في الجهة التي بينهما والساج يحرك الماء بيديه ^{حليته} فيذهب في الجهة التي بينهما ايضا.

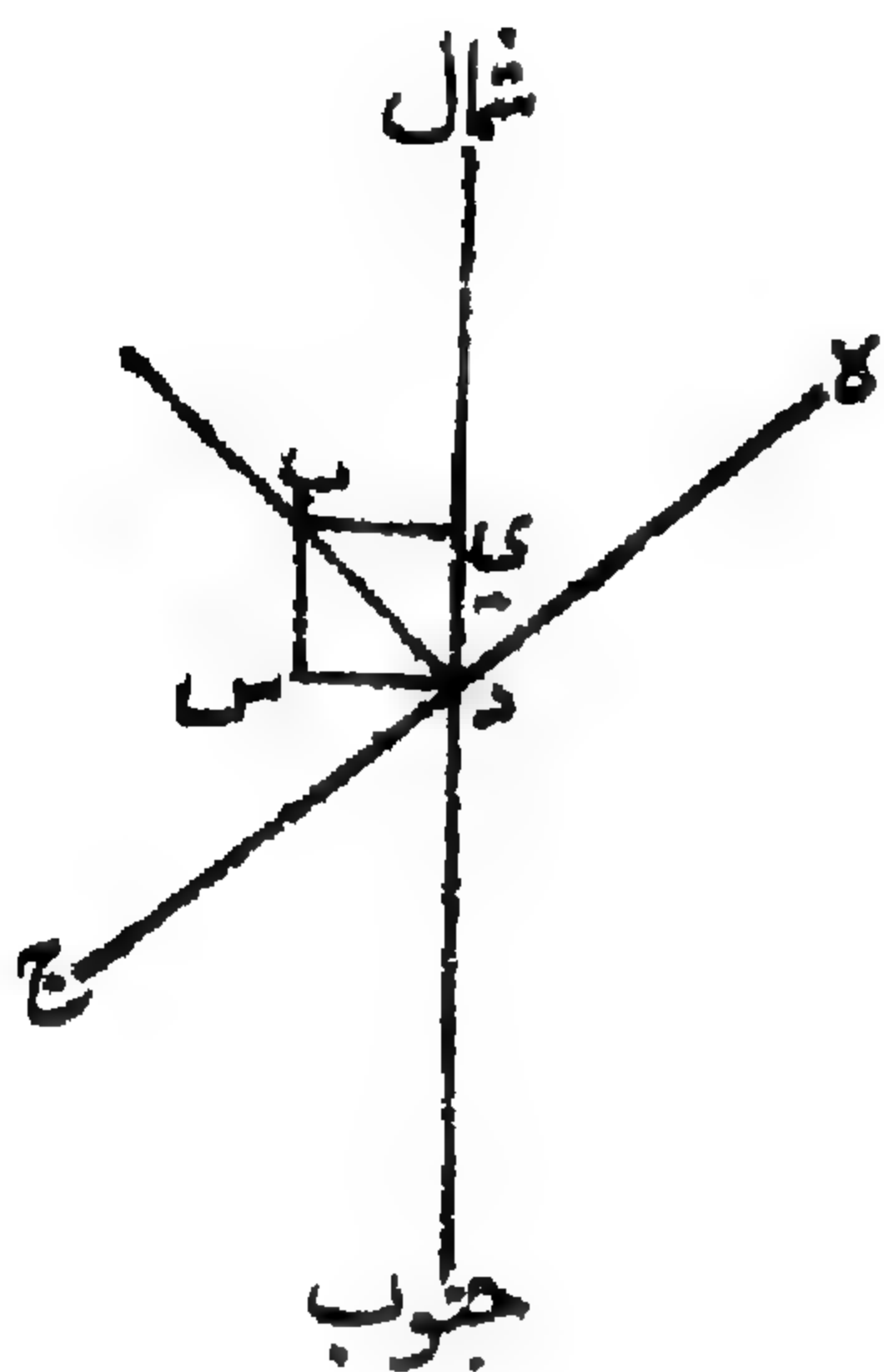


الشكل ٣٠

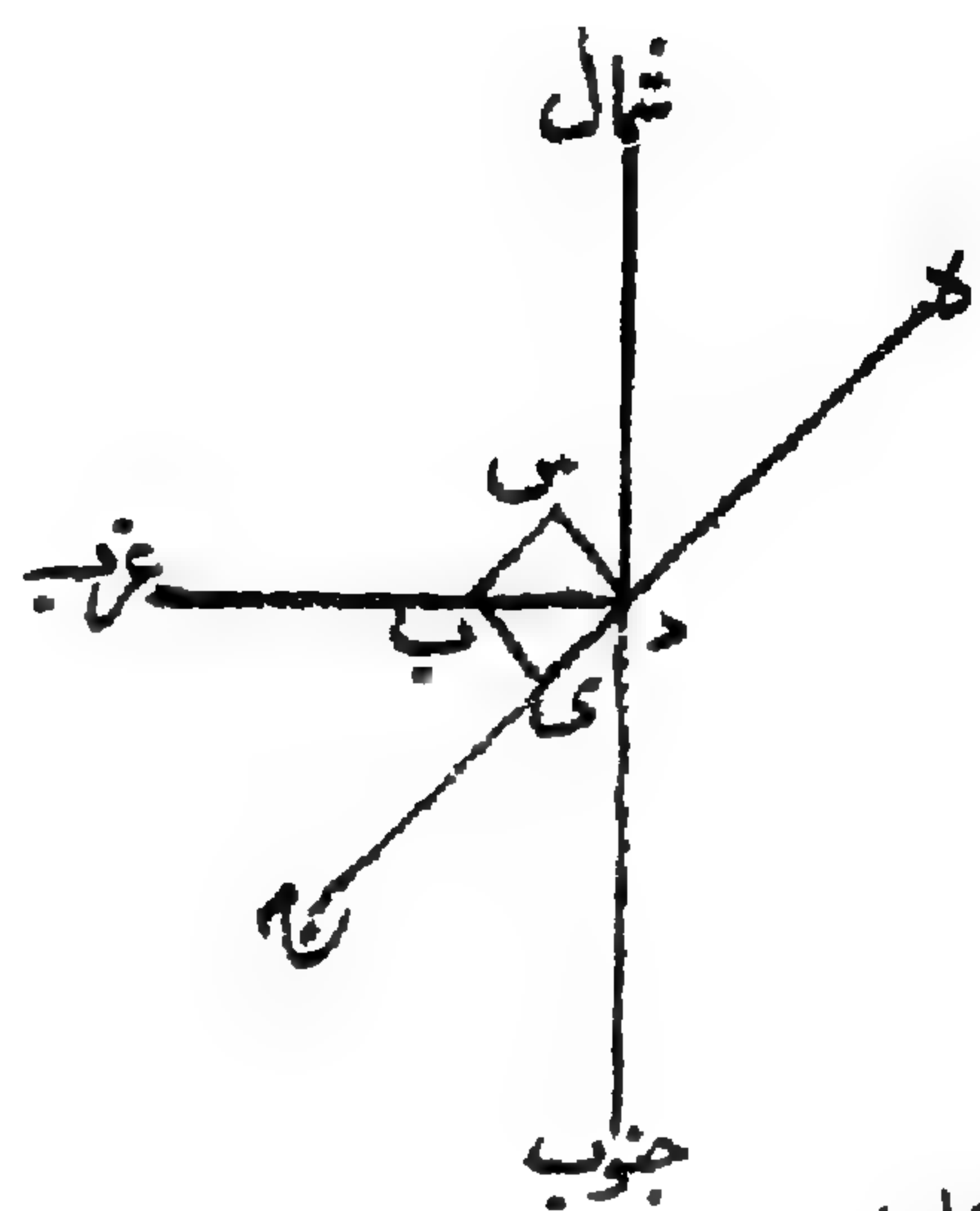
الشكل ٢٩

(٤٨) حل القوتين بدحل القوتين عكس تركيبها وهو معرفة القوتين على فرض معرفتهما. وذلك يكون باخذ تلك النتيجة وجعلها قطر الشكل متوازي الاضلاع. مثالة: اذا فرض الخطح في الشكل ٢٩ قلع قارب مسافر الى الشمال بريح غربية. فحل قوة الريح المدلول عليها بالخطح د الى قوتين ب ي و ب س. فالقوة ب ي تواز القلع كما ترى ولذلك لا تؤثر فيه واما القوة ب س فعمودية عليه و لذلك يقتضى ان تدفع نحو الشمال الشرقي. ثم ليبدل ب د في الشكل ٣٠ على القوة ب س الما ذكرها. حلها الى القوتين ب ي و ب س فالقوة ب ي تدفع في جهتها ولكن شكل جرم القارب

والدفة يضادانها في بطلان فعلها واما القارب س فنوازي الجهة التي
يسير القارب فيها فنسوقه امامها الى الشمال. ولذلك ترى الملاحين
يدبرون الفلوع في رجوعهم عما تكون في ذهابهم او يقلعون شمالا وغیرهم
يقلع جنوبا بريح واحدة.



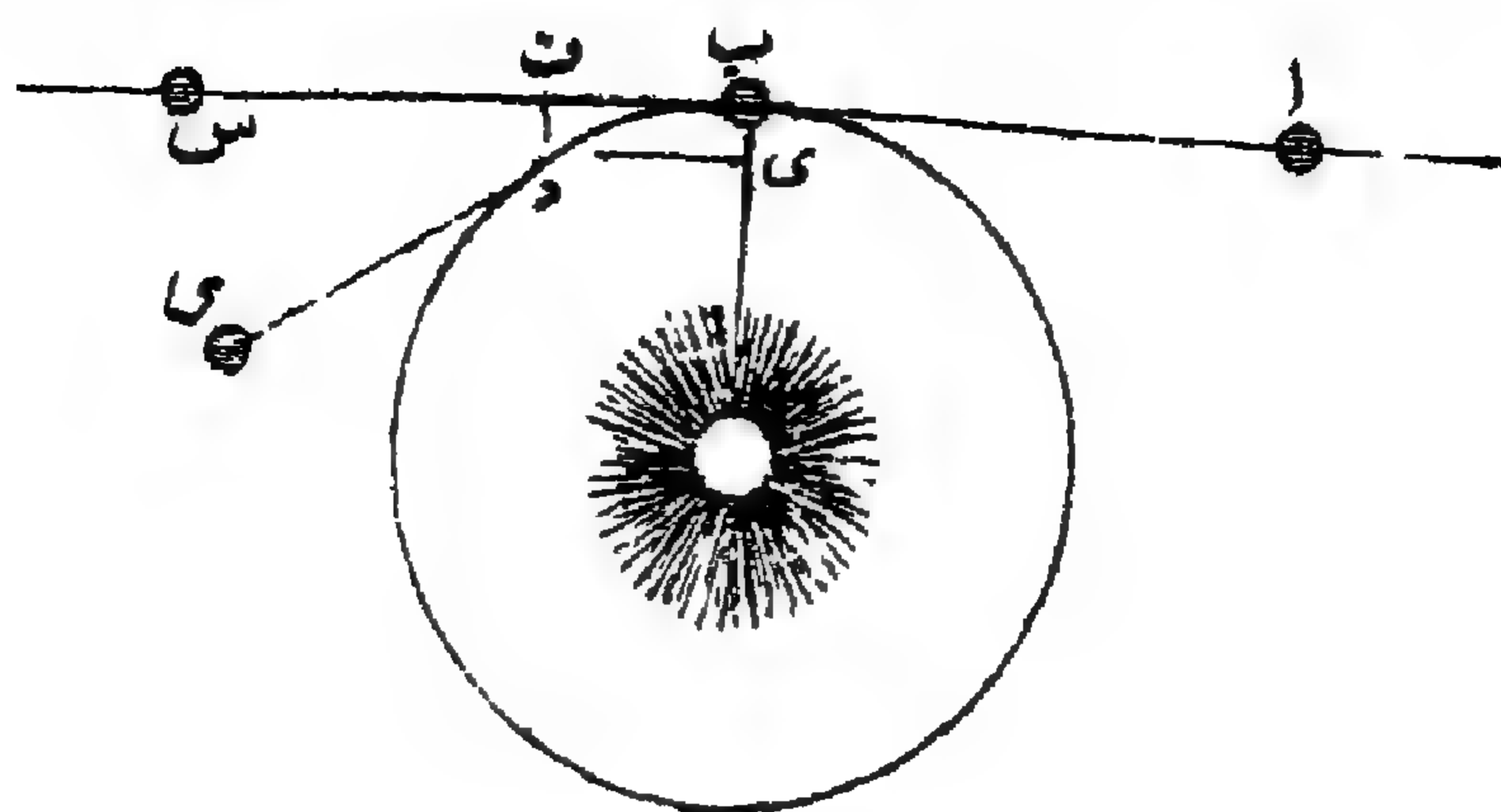
الشكل ٣٢



الشكل ٣٣

ثم اذا فرض ان وضع القلع كان في جهة هـ ج في الشكل ٣٢ و ٣٣
وان الريح لم تنزل غربية فيعمل قوتها مرتين تستخرج قوة تسوق القارب
الى الجنوب وهي ب د في الشكل ٣٢. وقد ضربنا صفحا عن تفصيل ذلك
هنا ليكون للتلميذ مندوحة لتفصيل على ما تقدم. واذا كانت الريح
شرقية المهب وطلب القارب ان يسير غربا اي صنداها يسافرتا رة الى
الشمال الغربي وطورا الى الجنوب الغربي فيذهب في وجه الريح.

وعلى قاعدة حل القوات تحت القوات الثلاث التي تطير بها الطائرة وهي ثقلها
وسند خيطها وقوة الريح عليها فاذا فرض ج هـ في الشكل ٢٩ وجه الطائرة يكون ب
د قوة الريح فتعمل الى ب س وب ي. اما ب ي فلا تؤثر في الطائرة واما ب س التي
هي ب د في الشكل ٣٠ فتعمل الى قوتين ب ي وب س والشكل ٣٠. فالقوة ب
س تغلب ثقل الطائرة وتطلب ان ترفعها والخيط يسحبها في جهة با د اي في جهة



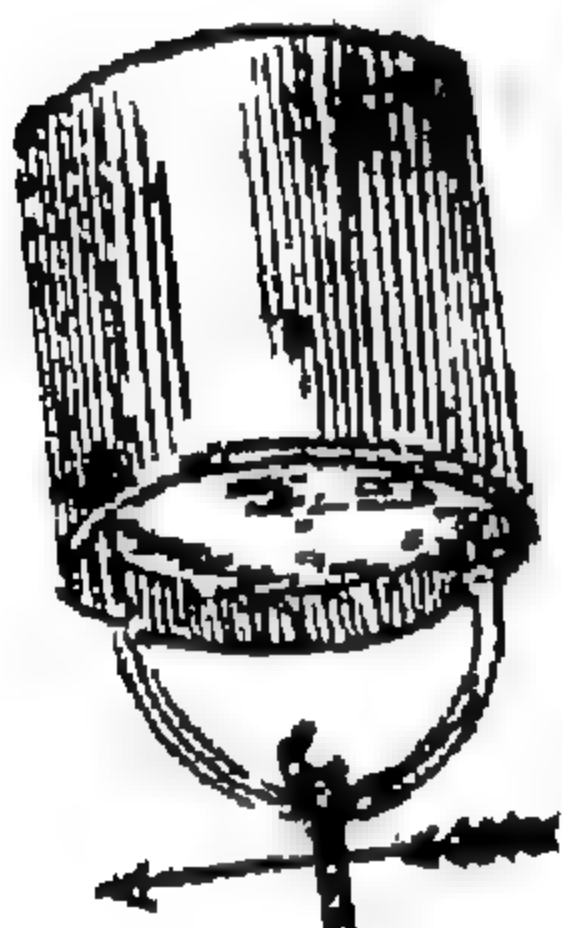
الشكل ٣٣

عمودية على وجهها فيكون الفاعل بها حينئذ قوة الريح وشد الخيط فلا تطاوع واحدًا منهما وحده بل تطير بين الجهتين في جهة ج د

(٤٩) الحركة الدائرية هي نوع من الحركة المركبة وتحصل من فعل قوتين احدهما تجذب الجسم نحو نقطة معينة والاخرى تباعد عنها. وتعرف القوة الاولى بقوة الجذب الى المركز والثانية بقوة التباعد عن المركز وهما تظهران جليا في حركات الاجرام السماوية كما ترى: افرض ش الشمس (الشكل ٣٣) وب الارض قبالنها. فعلى فرض ان البارى تعالى دفع الارض لما خلفها فانها تتحرك الى الابد في خط مستقيم كالخط ب س حسب الناموس الاول من نوايس الحركة. ولكن جاذبية الشمس تقاوم تلك الحركة فلا تاذن للارض في الافلات منها فتقع الارض تحت فعل قوتين احدهما قوة دفع البارى لها كما فرضنا فتذهب بها وحدها الى س ومن ثم الى ما شاء الله. والاخرى جاذبية الشمس لها التي تجذبها من مكانها الى الشمس اى من ب الى جهة ش وهى القوة الجاذبية نحو المركز فتذهب الارض بينهما اى في جهة ب د. اما حركة الارض بالقوة المعبر عنها بخط ب د مركبة من قوتين ب د و د ب ولكن ب د لا تضاد جاذبية الشمس لكونها عمودية عليها

مضادنها لجاذبية الشمس يعبر عنها بخط دون اوى ب. وهذه لا بد ان
تساوى قوة جاذبية الشمس لها وتسمى القوة الاولى بقوة التباعد عن المركز
والاخرى بقوة الجذب الى المركز ونخطب بى يدل على كليهما. وسيرها
يكون في خط منحنى لان جاذبية الشمس قوة دائمة الفعل تحينها عن
خط مستقيم في كل لحظة حتى تتم الدائرة فلو بطلت قوة التباعد عن المركز
لكانت القوة الجاذبية الى جاذبية الشمس تجذب الارض اليها
ولبطلت قوة الجاذبية الى المركز لفرت الارض بقوة التباعد عنه وتاهت
في فضاء هذا الكون.

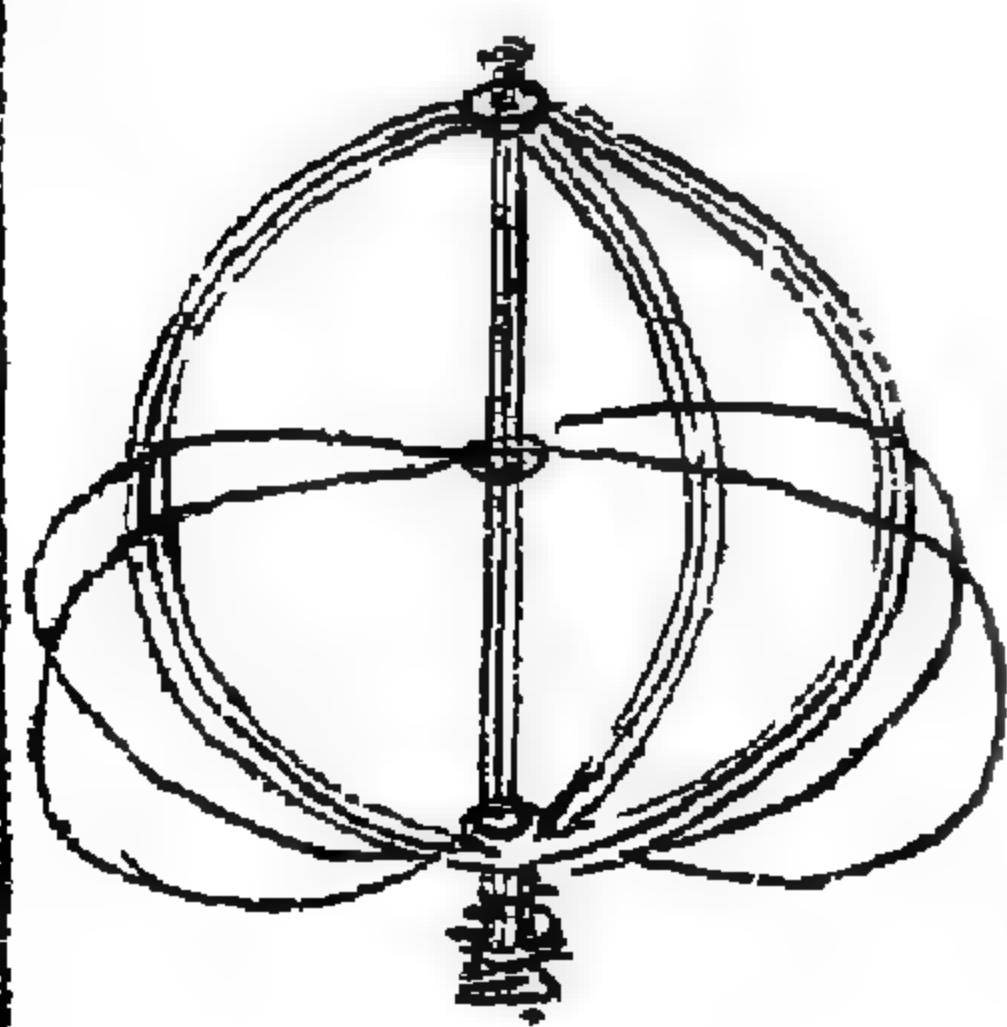
وامثلة ذلك كثيرة للمشاهدة. فاذا دار حجر الرمي بسرعة شديدة تطاير الماء عن جوانبه



لان القوة الدافعة للماء تغلب على جاذبية الالتصاق التي
بينه وبين الحجر فتبعده عنه. وقد تدار هذه الاحجار بسرعة
عظيمة جدا في بعض الاماكن حتى تغلب القوة الدافعة
على جاذبية الملاصقة التي بين دقائقها فتتفرق مثل طائرة ابراريا
واذا ربطت لوملاء ان ماء عجيب واذا برسرعة لم يسقط الماء
منه مع انه ينقلب بدورانه الى فوق راسك شكل ٣٥ حتى لا يبقى
مانع من انصباب الماء منه بجاذبية الارض وذلك لان القوة
الدافعة عن المركز تغلب على جاذبية الارض للماء فلا ينصب
من الدلو. واما اذا ابطأ دوران الدلو فضعفت القوة
الدافعة انصب الماء حالاً. واذا ربطت اسفجة بخيط ثم
بكت ياءوا دبرت ليرعة فالما يتطاير منها الى كل الجهات
لان القوة الدافعة تزيد حتى تغلب على جاذبية الالتصاق
التي بين الاسفجة والماء. وعلى هذا الاسلوب يجفف الافرنج
التياب المفسولة بوضعها في آلات وادارتها بسرعة فيعصر الماء

منها بالقوة الدافعة. وقيل انه اذا دبرت الشياب الخفيفة الفاتحة مائة درجة في الدقيقة ونشرت في الشمس بضع دقائق تجف مهما كانت مبتلة. اذا ركض الحصان بسرعة في دائرة انحنى الى داخل الدائرة ليقاوم القوة الدافعة عن المركز.

(١٠) اهليلجية الارض. قد تبين (عدو) انه حيثما وجد جسم يدور فلا بد من وجود القوة الدافعة عن المركز هناك وانه بقدر ما يسرع في دورانه يزيد فعلها. ولما كانت الارض سريعة الدوران جدا فالقوة الدافعة عنها عظيمة جدا ايضا. ولولا جاذبية الثقل التي تضادها فتجذب كل ما على الارض نحو مركزها لفر كل عنها الى جوف هذا الكون الواسع. ثم ان القوة الدافعة تزيد في النواحي الاستوائية عما هي في النواحي القطبية لسبب سرعة الاجزاء الاستوائية ويطوع الاجزاء القطبية في دورة الارض اليومية. فبهذه الزيادة تنحرف الاجسام على خط الاستواء. ومن وزنها على القطبين. وبها طرد الماء من النواحي القطبية الى النواحي الاستوائية. وكبرت الارض و انتفخت من النواحي الاستوائية وتسطحت من ناحيتي القطبين فصارت اهليلجية الشكل كالبرتقالة المنتفخة من وسطها والمنضغطة من مغز عرقها وما يقابله فلو ابطأت الارض في دورانها لعاد الماء الى النواحي القطبية وجعل كروية الارض اتم ما هي عليه الآن. ويتضح تسطح الارض بقوة التباعد عن المركز من التجربة الآتية ترى في الشكل ٣٥ صورة سيارتين متصلتين مرنيين مصنوعين على شكل اطارين متصلين ومشقوبين بحيث يدخل ثقباهما في المحور ينزلان وليعودا ان فيه. فاذا ادير المحور



الشكل ٣٥

(١) الى المظنون ان الارض كانت قديما ذاتية مائلة وانها لسبب دورانها عن محورها

فداوالا طاران ينزلان وكلما ازدادت سرعة الدوران تسطى من ناحيتي الثقبين واتسع من وسطيهما كما في الشكل الماروسيب ذلك قوة التباعد عن المركز كما هو ظاهر -

(٨١) الناموس الثالث: ان الفعل يساوي الانفعال وكما يراد بالفعل تأثير الشئ في شئ آخر وبالانفعال اورد الفعل رجوع ذلك التأثير وهما متعاكسان ومتساويان كما يتضح من الامثلة الآتية ان الطائر اذا طار ضرب الهواء بجناحيه الى الاسفل فيرد الهواء له مثل ذلك فيعمله. ففعل الطائر هو ضغطه الهواء الى اسفل ورد فعل الهواء هو ردة ذلك الضغط الى جناحي الطائر ورفعه اياه الى الاعلى. وكذلك للملاح اذا اراد تسير قاربه فانه يضرب الشاطئ بيليجه فيرد له الشاطئ فعله ويدفع قاربه في الماء والساحل يضرب الماء برجليه فيرد له الماء فعله ويدفعه الى الامام. واذا اراد اطلاق الرصاصه من البارود ليشعل البارود فيكبر حجمه ويدفع الرصاصه الى جهة والبارودة الى جهة اخرى بترحم واحد. واما الرصاصه فتكون سرعتها اعظم من سرعة البارودة وتأثيرها اشه لانها اخف من البارودة فيؤثر فعل البارود فيها اكثر مما يؤثر فعله في البارودة ولذلك يخشى الخطر من اطلاق الغارات او الطينيات لانها تكون خفيفة فتندفع برذا الفعل اندفاعا شديدا وتلطم من لطفها وربما آذنه. وكلما ثقلت الاسلحة وتسلل خطر لطفها. واذا قفز رجل من القارب فالقارب يبعد عن الشاطئ بسد الفعل اذا لم يجلس من الرجل لمع ذلك. واذا قفز عن الارض دفعها عنه برجليه فتدله الفعل وتدفعه عنها. فهو بعيد الارض والارض تبعد برجيم واحد ولكن سرعته في الابتعاد عنها اعظم من سرعتها في الابتعاد عنه بقدر ما هو اخف منها. ولما كان اخف منها كثيرا جدا كانت

(بقية ٢٨ حاشية)

انثنت من وسطها وتسطت من قبيها فصار شكلها اهليجيا. وقد عتس قطرها من قطب الى قطب ومن نقطة في خط الاسواء الى اخرى ثقا بلها فكان الاول اقصر من الثاني بستة عشر ميلا.

ابتعادها عنه قليلاً فلا يظهر إلا ابتعادها عنها. وإذا أراد أن يقفز عن أرض لينة لم يقدر لأنها تلين تحت رجله فلا ترد فعله وأما إذا أقفز عن لوح على زبدك فيقف كثيراً لأنه يرد له الفعل حالاً. والناس يمشون على الأرض يرد الفعل منها إليهم فكل خطوة يخطوها الإنسان يهزمها الأرض.



(٨٢) ويتضمم الانفعال من الكرات في

الشكل ٣٦. فهذه الكرات مصنوعة من

العاج نجح واحداً ومعلق بعضها بجانب

بعض بحيث يسهل عليها الخطر أن تذا

رفعت الكرة دثر تركت تصدم الكرة بـ

فهذه تسكنها يرد الفعل إليها وتوصل الحركة

الشكل ٣٦

التي اكتسبها منها إلى س وهذه إلى روهلم جراح حتى تنصل الحركة

بالفعل ورد الفعل إلى ف فترد الفاعل وتسكن التي قبلها و

تبعدها بقدر ما بعدت دعن ب أولاً لا ما خسرت

بالاحتكاك. وإذا رفع الكرتان دوب معاً ثم تركتا حتى تصدما

س تسكنان ويرتفع كرتان أيضاً من الجانب الآخر وإذا رفع كرتان من الجانب

الآخر فترد كرتان على الجانب الآخر واحدة على الأخرى كما كان قبل

المصادمة وذلك لأن الكرتين غب نزولهما ترسلان قوة أو زخم

كورتين إلى طرفي الآخر وأما الكرة الواحدة في الطرف الآخر

فغب نزولها ترسل زخم كرة واحدة إلى الطرف الأول فترتفع كرة

واحدة في الطرف الأول واثنان في الطرف الثاني فمن

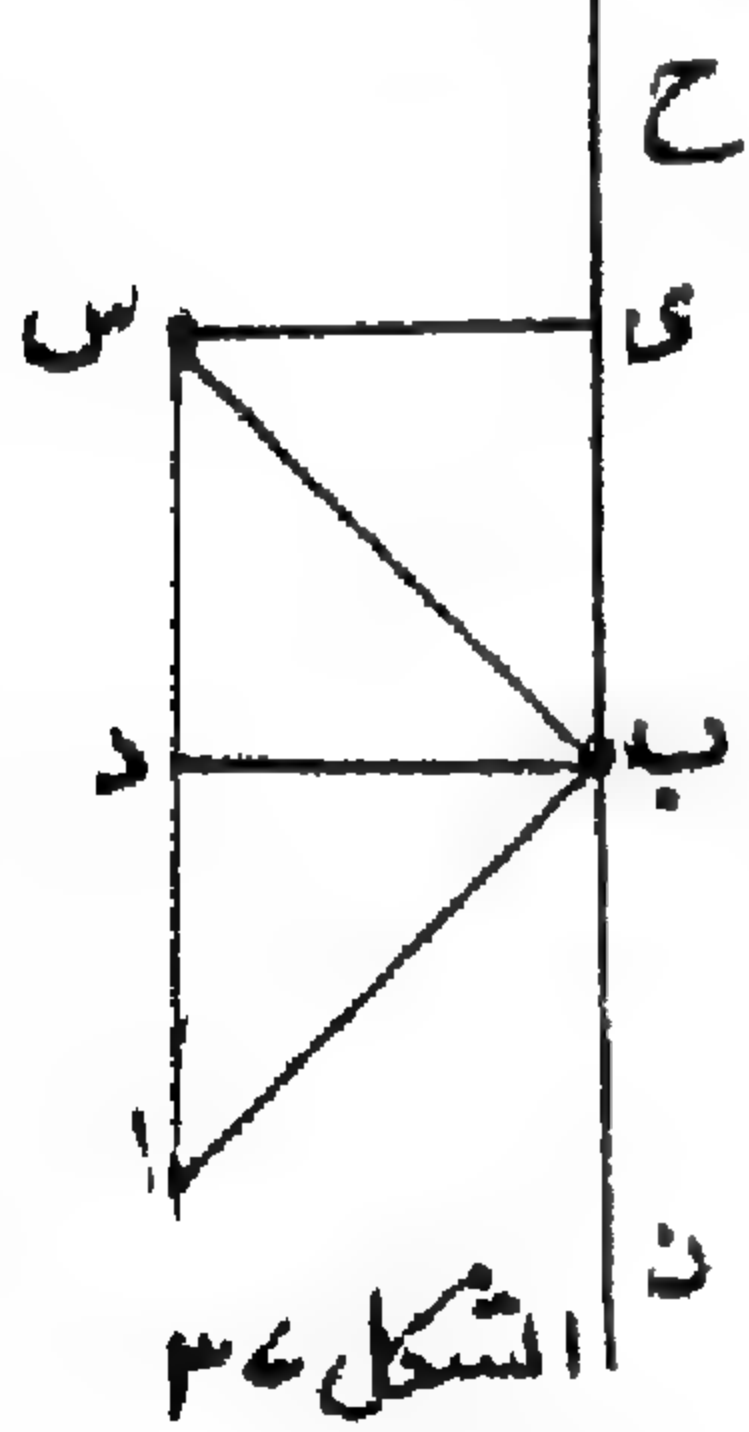
التجارب على هذه الآلة نتحقق ناموسين من النواحي الطبيعية

للأجسام أولهما أن القوة تفعل في جسم مبرودها في كل دقائق

الجسم وأجزائه كما رأيت في هذه الأجسام المتماثلة والامر

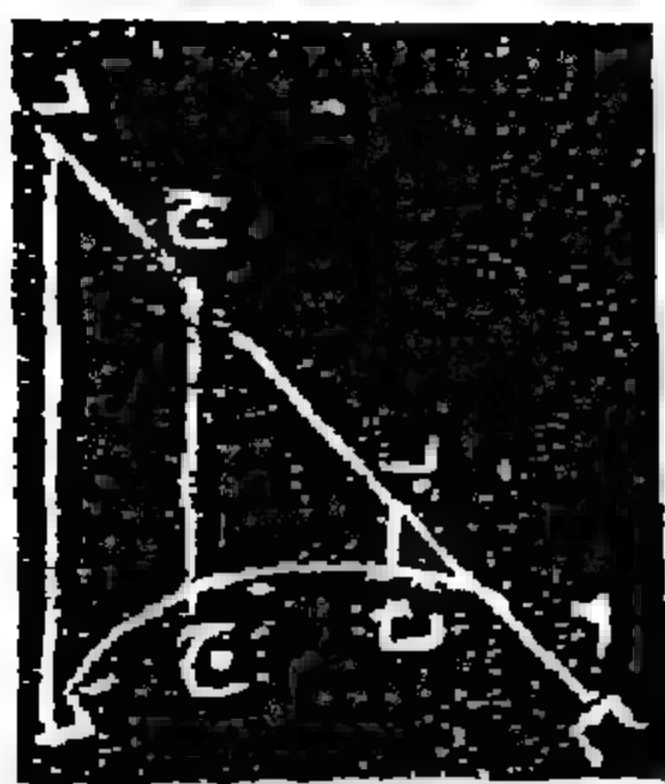
ظواهره لا فوق بين ان تكون متناسله او منقصه جساوا احدا او ثانيهما ان القوة
تفعل كمقدارها اي اذا ازدادت يزداد فعلها وبالعكس، ثم لو فرضنا اننا
علقنا كرة يدل على الطرف الايسر ثقلها مضاعف ثقلها ورفعتا الكرة
على الطرف الايمن المساوية للتي كانت قبلا وتركناهما لتتصدم صف الكرتين
للحظتان ان الكرة الاخيرة المضاعفة الثقل تنصف سرعتها ومن ذلك
يتحقق ايضا ان السرعة تقل كازدياد المادة اذا بقيت القوة على حالها
كما اشرنا الى ذلك عند الكلام على الذاتود.

١٨٣٥ الحركة المنعكسة: هي الحركة التي يحدث فيها سرعا لفعل من سطح
اذ صادمة جسم مرن. فاذا فرضنا ب ي ح في الشكل ٣٤ حائطا قد
صادم جسم مرن آليا في جهة اب انعكس ذلك الجسم راجعا في جهة
ب س. فاذا رسم على ب خط عمودي كالمخطوب د فهذا يقسم الزاوية
اب س التي تحدث من وقوع الجسم وانعكاسه الى
زاويتين متساويتين احدهما اب د وتسمى
زاوية الوقوع والاخرى دب س وتسمى
زاوية الانعكاس. ومن ذلك هذا الناموس
وهو ان زاوية الوقوع تساوي زاوية الانعكاس
في الاجسام التامة المرنة.



١٨٣٦ الحركة المنحنية: اذا فعلت بجسم قوتان منقطعتان او
اكثر فنتيجة ما خط مستقيم واما اذا كانت احدهما منقطعة والاخرى
منصلة فنتيجة ما خط منحني. كما يشاهد في الحجر اذا رمى فانه يسير بتقوس
احدهما منقطعة وهي التي رمت بها اليد والاخرى منصلة وهي
جاذبية الثقل ولذلك ينزل في خط منحني ما لم يرم في خط سميته
فانه ينزل في خط مستقيم.

وكذلك إذا أطلقت قبيلة من المدافع الشكل ٣٨، حتى تصل في ثلاث ثوان إلى دقان جاذبية الأرض تجذبها في آخر الثانية الأولى إلى ب وفي آخر الثانية إلى ج وفي آخر الثالثة إلى د فتذهب في الخط المعنى أ ب ج د وليس في الخط المستقيم أ ب ج د.



الشكل ٣٨

(٨٥) الحركة الدائمة لا يمكن للإنسان

أن يصطنع آلة دائمة الحركة لأنه لا يمكنه

أن يصطنع آلة تحدث القوة من ذاتها كما

يحدث الإنسان القوة من ذاته. فلا تقلد آلة

تعمل على عالم تفعل بها أولاً قوة خارجة عنها. وعدا ذلك لا

تخلو آلة من الاحتكاك الذي من شأنه إبطال الحركة (عد ٦٤)

فلهدين الأمر لا يقدر الإنسان أن يصنع آلة دائمة الحركة كما خلف

الباري تعالى دائم الحركة. وقد حاول كثيرون عمل آلات دائمة الحركة

طعنا بها فها فتأبت صاعين.

(٨٦) مسائل للمرين ١٠ إذا رميت رصاصة على وجه لوح واقف على

جنيه ترميه وأما إذا أطلقت عليه من بارودة فتشبه بدون أن تخرج

فما سبب ذلك. ٢ إذا فخر الباب بعض الفخر وأطلقت عليه قبيلة مدفع

فقد تنفذه بدون أن تفلقه فما سبب ذلك. ٣ لما ذابزل حديد القدر

في عصاه إذا دقت طرف العصا ٤ إذا كنت في قطار رقباء الحديد

بسرعة ٣٠ ميلا في الساعة ووقت يك بغثة فيكم من القوة تنفذ عنه إلى

الامام ٥ إذا رميت كرة عن داس برج عال وقت شرفي الخط العمودي قليلا

فما سبب ذلك. ٦ سقط حجر عن رأس السارية والسفينة مسافرة ففى

خط يقع ٧ ادعى صاحب كارة على صاحب مركبة بأنه عطل كارتة بمصاوفة

عربة لها وملخص دعواه إن سائق المركبة كان يحث السوق جدا فلما

اصطدمت مركبته بكارثة سقط صاحب المركبة الى الامام على موطن قدميه . فلم تقم
دعواه عند الفحص اذ تبين من تقريره انه هو الذي كان يحث السوق لاصحاب المركبة
قلبت تبين ذلك . وضع مدفع في آخر قطار مسافر بسرعة ٣٠ ميلا في الساعة
وحكم على موازنة طريق القطار والى الجهة المعاكسة لجهة سيرة فاذا اطلقت منه قنبلة
بسرعة مسير القطار فابن تفرع . الجواب . حيث اطلق المدفع تماماً . وذلك لانها اكتسبت
سرعة استقرار القطار المساوية لسرعتها تماماً صدمت سرعتها فلا شئها حتى صارت
صفراً . (٩) شرح انسان يقفز وهو على ظهر سفينة سريعة الجرى ا تكون قفزتها كبر
اذ اقفز في جهة جري السفينة او في عكس تلك الجهة . (١٠) لما اذ اكون قفزة الركن
البر من قفزة الواقف (١١) اذ اسقط حجر عن راس السارية و السفينة متحركة
فهل يسقط في المكان الذي يسقط فيه لو كانت السفينة ساكنة (١٢) اذ لعب
جماً عنه بالطابنة على ظهر سفينة تقطع ٣٠ ميلا في الساعة فهل يلعبون بها كما
يلعبون على سطح الارض من حيث رسيها وتقفها . (١٣) قلنا ان الفعل يساوي
الانفعال فلماذا لا يخشى خطر لطمة البارودة كما يخشى خطر الرصاص . (١٤)
اذا اذت ان تقفز من مركبة جارية بسرعة فهل تقفز الى نفس البقعة التي
تريد النزول اليها . (١٥) اذا اردنا ان نقوس عصفوراً طائراً فهل نضبط البارودة
عليه تماماً . (١٦) اين تكون القوة الدافعة عن المركز على اقلها على سطح الارض
(١٧) ما هو الدليل على ان الارض كانت قد يا ذائبة . (١٨) ان السكك الحديدية
يكون جانب منها اعلى من الجانب الآخر حيث تنعطف من ناحية الى اخرى فما
الغرض من ذلك . (١٩) على اي مبداء يرمى الحجر بالمفلاع . (٢٠) لما اذ انطأ يراكوا حال
عن دو اليب المركبات وهي جارية . (٢١) ان نهر ميسي يقرب الى مركز الارض
٣٢ ميل اكثر من مصبه فمصبه ارفع من تبعه بميلين وثلاث ميل وكان مائة يجر
مساعد الانا ز لا خلة قالنا موس جاذبية الثقيل فما سبب هذا الخلاف . الجواب لانه
مرتفع عن مصبه باعتبار سطح الارض لا باعتبار مركزها . (٢٢) هل تنقص البيضة

بالفعل أو بالأفعال عند صدمها بالحجر (٢٣٠) سقط رجل من محل عال فقال إن علو

السقطة لم يضرني بل سرعني السكون هي التي اضرتني فهل قوله صحيح (٢٣١)

إذا نظم ولد ولدا آخر فأيهما يتألم أكثر من الآخر وإذا صدم شخص

شخصا آخر فأيهما يكون تأثره بالصدمة أشد (٢٥٠) وهل تختلف

شدة الصدمة إذا اصطدم الشخصان وهما راكضان في جهتين

مقابلتين (٢٦٠) لماذا لا يمكن أن تطلق رصاصة حول جبل

(٢٧٠) لماذا تكون لطمة البارودة أضعف من لطمة الفرد

(٢٨٠) سحب رجل قاربا صغيرا وهو على ظهر سفينة

كبيرة فكيف تقدمت السفينة لملاقاة القارب (٢٩٠)

ربط خيط بأحد طرفيه فحمل به رطلا علفت

بطرفه الآخر فاذا حلت الاطال عنه أمسك

رجلان بطرفيه فكيف يشد كل منهما حتى

ينقطع الخيط (٣٠٠) إذا وقف الإنسان

على أصابعه في الميزان فهل يخف

ثقله عما إذا وقفت على رجلين

(٣١٠) إذا أديفتم مدفع

إلى سمت الرأس أطلق

منه قنبلة والحواء

هادئ فأيها تنزل

القنبلة (٣٢٠) متى

بأخرة محمولة

أربعة آلاف

قطار وسرعنها - اقدم في الثانية صخرات تحت الماء فبأي زخم صدمته . . .



في مبادئ الميكانيكيات

تمهيد

(٨٤) الميكانيكيات، فن يبحث فيه عن الآلات. والآلة كل ما ينقل تأثير القوة من عامل الى معمول به، وتسمى القوة التي تحرك الآلة محركاً. فاذا قصرت تفاحة يسكين مثلاً بقوة يدك التي تحرك السكين هي المحرك والسكين التي تنقل عمل يدك الى التفاحة هي الآلة واذا جرح حصان مركبة فالحصان هو المحرك والمركبة التي تستخدمها فتسوق الحصان لنقل الأثقال هي الآلة. واذا دارت الريج مطبنة او ادار الماء دولاباً او سیر البخار سفينة فالريج والماء والبخار محركات والمطبنة والدولاب والسفينة آلات.

فاتضح مما تقدم ان الآلة لا تقض على من الاعمال الا اذا علمت بها قوة خارجة عنها لان الآلة لا تقدر ان تحدث قوة من نفسها ولا ان تزيد قوة على القوة المحركة لها. ومع ذلك فلا يستغنى عنها لانه بواسطتها تستخدم القوة بحيث تفعل ما لا تستطيع فعله بدونها. الا ترى ان الفاعل يقلب بالعتلة (المخل) محوراً لا يكاد يزعزحها بدونها مع ان قوته هي في كلا الحالين. هذا فضلاً عن اننا نستعين بالآلات على استخدام القوات الطبيعية كالريج والماء والبخار الخ. وتقسّم الآلات الى قسمين بسيطة ومركبة فالبسيطة ستة وهي العتلة وتعرف بالمخل والدولاب واسطح المائل واللويس ويعرف بالبرغي ايضا والسفين والبيكرة. والمركبة تشتمل اكثر الآلات وهي ما

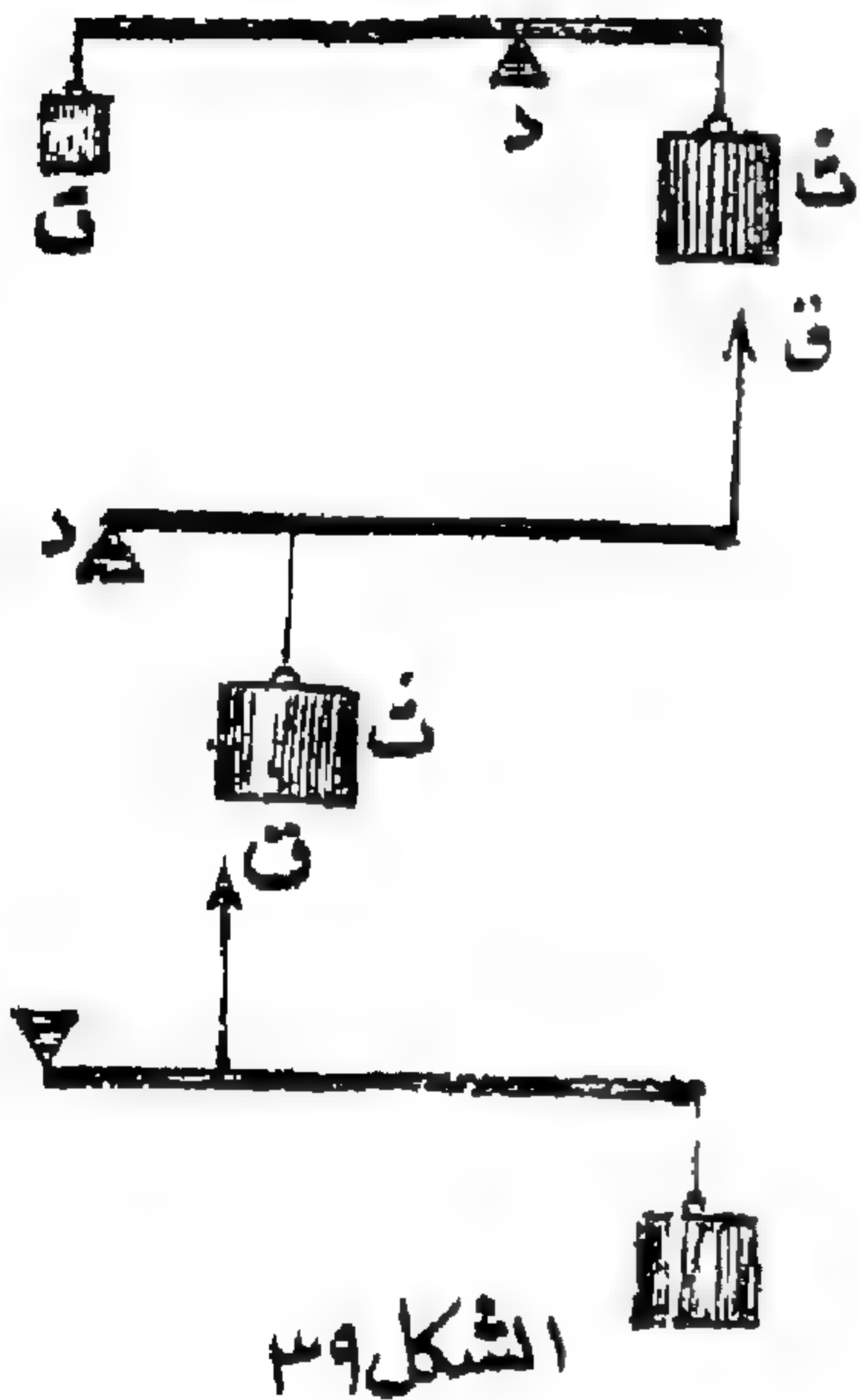
تركب من البسيطة. وكل الآلات ترد إلى اثنتين المخل والسطر المائل.
واعلم انه يعتبر في عمل كل آلة بسيطة أمران القوة التي تحركها
والثقل الذي يرتفع بها. ولا بد لرفع الثقل من ان تفعل القوة بقدر
ما يفعل الثقل ولذلك اذا رفع الانسان باليكرة ثقلاً عظيماً بقوة
قليلة اقنض له وقت اطول ما كان يقنض لو رفعه بقوة عظيمة لان
ما يربحه باليكرة من جهة القوة يخسره من جهة الوقت (١) فلا بد ان يكون
عمل القوة مساوياً لعمل الثقل طبقاً لناموس الميكانيكيات الاتي وهو:
اذا ضربت القوة في البين الذي يتحرك فيه فحاصلهما يعدل حاصل
الثقل في البين الذي يتحرك فيه مثاله اذا تحركت قوة تساوي رطلاً
واحد في بين ١٠ اقدام فذلك يعدل ثقل عشرة ارطال تتحرك في
بين قدم واحدة اي ان $10 \times 1 = 1 \times 10$ واذا قد انتهينا من هذا
التمهيد نشعر في الكلام على الآلات البسيطة بالتفصيل

١١ من الاقوال المشهورة في المخل قول ارخميدس وهو اعطوني داركاً ومخللاً طويلاً وانا الكليل
بخرجة الارض ونقلها من مكانها. وقد حسبوا انه لو جعل ارخميدس داركه نقطة مركز الثقل
للارض والقمر معا وهي على نحو ٣٠٠ ميل من مركز الارض) كان طرقت الساعد الذي
يحركه ارخميدس من ساعدى المخل يقع بين النجوم الثابت على بعد نحو خمسة عشر الف الف
الف الف الف الف ميل، فلو اراد ارخميدس ان ينقل الارض من مكانها قد ماؤاً^{حداً}
فقط لا يقتضى له ان يحرك المخل سبعة وعشرين الف الف الف الف سنة وذلك على فرض
انه يحركه بسعة الفيلة المنطلقة من المدفع. لانه لا يربح من القوة ما لم يخسر من الوقت

الفصل الأول

في المخل وتوابعه

(٨٨) المخل هو قضيب من الحديد او نحوه يتحرك على نقطة تسمى داركا ويعتبر فيه خمسة امور القوة التي تتحرك ويدل عليها في مائتي الحرف (ق) والثقل الذي يتحرك به



ويدل عليه ث، والدارك الذي

يتحرك هو عليه ويدل عليه د، وساعده

وهما الجزان الواقعان على جانبي الدارك

(٨٩) انواع المخل: انواع المخل ثلاث

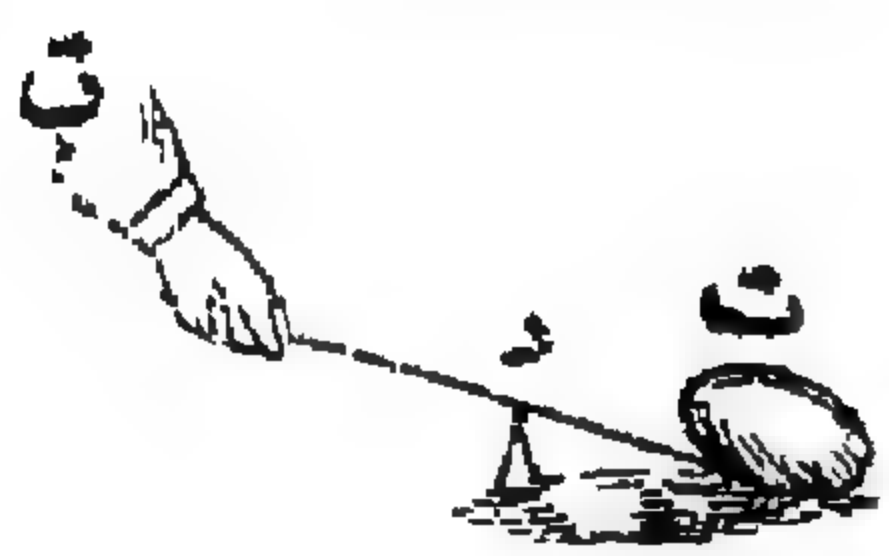
الاول ما وقعت فيه القوة على طرف والثقل

على آخر والدارك بينهما الشكل ٣٩ و

الثاني ما وقعت فيه القوة على طرف والدارك

على آخر والثقل بينهما والثالث ما وقع فيه الثقل على طرف والدارك

على آخر والقوة بينهما.



(٩٠) النوع الاول من المخل: اذا اردنا

ان نرفع حجرا نضع تحته راس المخل ثم نضع

تحت المخل حجرا د الشكل ٤٠، ونشد

الشكل ٤٠

على طرف المخل عند ق، وهكذا يسحب الماء بالطمبأ فان قوّة

اليديق والماء المسحوب ث والمحور الذي تدور يد الطمبأ عليه

د. ومثل الطمبأ المقص فان مخرجه من هذا النوع تحسب

الاصابع فيرق ومسارة دو الشئ المراد قصة ث .

(٩١) النوع الثاني من المخل : يمكن ان يرفع الحجر ايضا بمخل من النوع الثاني كما في الشكل ٣١ حيث فرض ان راس المخل قد ادخل تحت الحجر واسند الى الارض فتكون الارض تحت راسه دو الحجر على ما يلي راسه ث وقوة اليد ومن هذا النوع مجذاف السفينة



فان اليد والسفينة ث وتحسب واقعة بين القوة والدارك د حيث طرف المجذاف على الماء .

الشكل ٣١

(٩٢) النوع الثالث من المخل : هو ما وقعت فيه القوة بين الثقل والدارك كقصبة الصياد فان الصائد اذا أمسكها بيده تكون اليد القريبة الى راسها ق والبعيدة عنه د والسمة ث . وكالملفط فان كلا من شعبتيه مخلا من هذا النوع فيه ق شد اليد وراعها مكان اتصال الشعتين معا وث ما بقي من الشعبة . وكالالة المرسومة



الشكل ٣٢

في الشكل ٢٢ فانها تدار بضغط الرجل على الخشبة اب س فطرفها س المرتكز على الارض هو د و ضغط الرجل ق وهي تثقل على القضيب الـ مكب الخيطان الذي هو ث .

(٩٣) ناموس الموازنة في المخل . يتوازن المخل اذا كان ساعد المعلق به الثقل موازنا لساعده الفاعلة به القوة وحينئذ يكون طول البين الذي يتحرك فيه الثقل او القوة وقصرة بالنسبة الى طول ساعده كل منهما وقصرة . مثال ذلك : اذا فرض ان ب ق بعد القوة عن د وب ث بعد الثقل عن د . فان كان طول ب ق مضاعف طول ب ث تتحرك القوة في بين يعدل مضاعف البين الذي يتحرك الثقل فيه . وحسب ناموس الميكانيكات المتقدم ذكره يكون ق ب د ب ق = ث ب ث ويجعل هذه المعادلتين الى نسبة اى يجعل احدهما جانبيهما طرفين والجانب الآخر وسطين لنا .

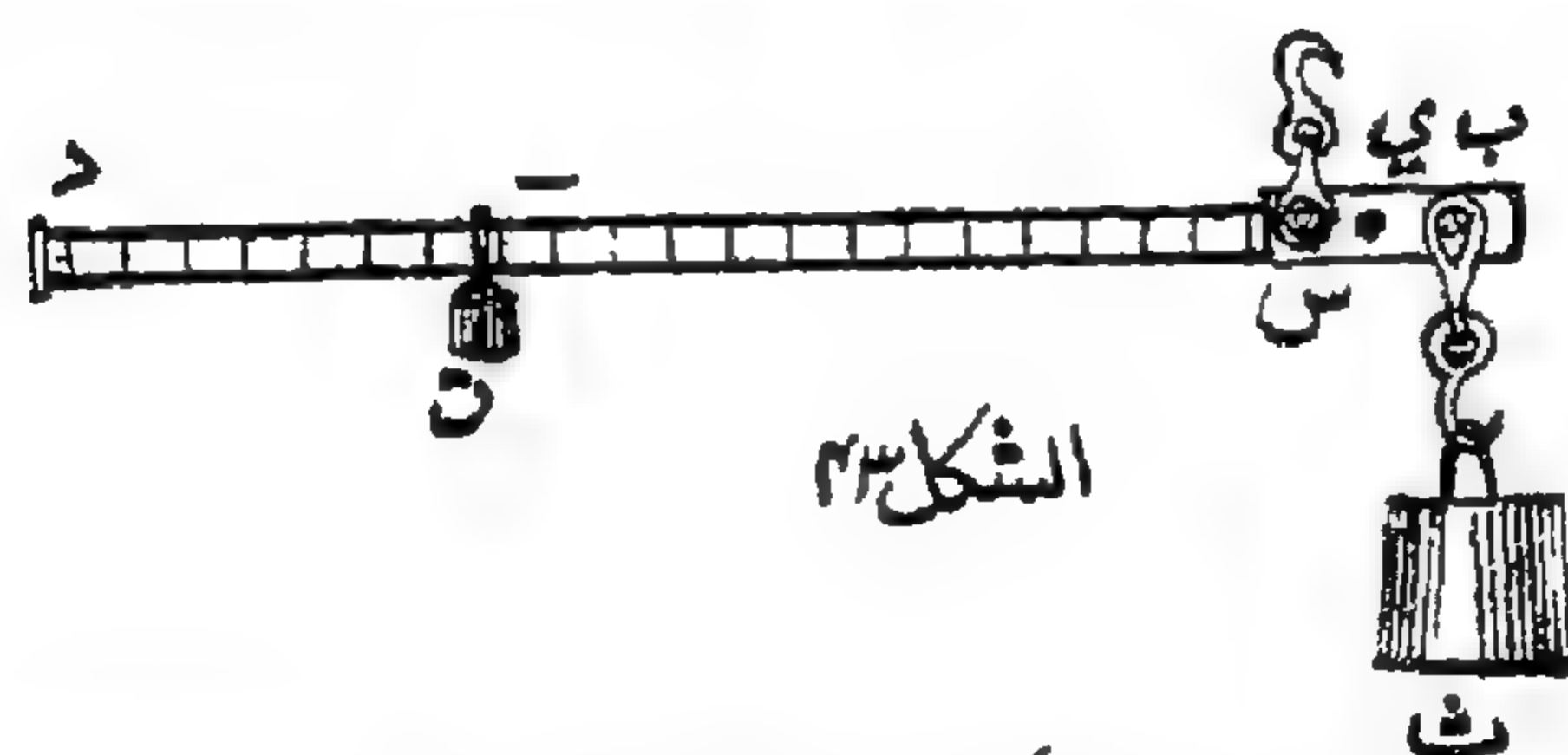
ق ا ث :: ب ب ث ب ق

تنبيه . ان النسبة المذكورة يكون فيها خلل قليل اذا لم يكن الدارك في الوسط . كالميزان مع فرض المخل من ثخن واحد وكثافة واحدة يدعى ان ساعدي المخل غير متساويين طولا فيصير الساعد الطويل القوة فتخل عن الموازنة بمقتضى النسبة وتصح النسبة باضافة نصف ثقل المخل الى كل من الثقل والقوة فيها . اذا جعلنا ث ب د على نصف ثقل المخل تكون النسبة هكذا ق ب د ب ث :: ب ب ث ب ق كما يبين ذلك في المطولات .

ثم انه في النوع الثاني من المخل يكون البين الذي يتحرك الثقل فيه اقصر من البين الذي يتحرك القوة فيه لان الثقل اقرب من القوة الى الدارك . وفي النوع الاول يحتمل ان يكون بين الثقل اقصر من بين القوة او العكس ولكن المعتاد ان يكون اقصر وفي النوع الثالث يكون بين القوة اقصر من بين الثقل . فذلك يبرج العامل قوة

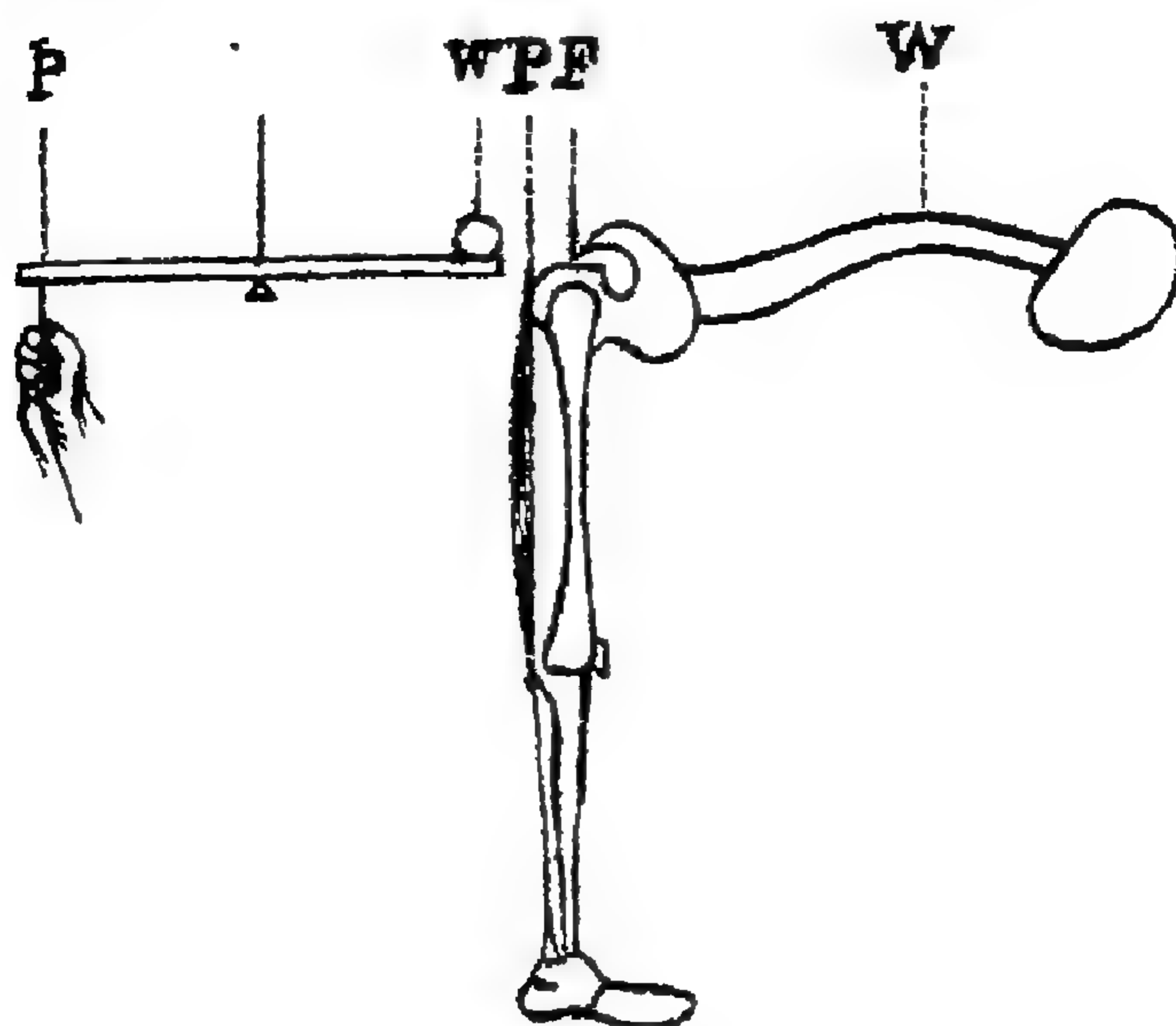
ويخسر وقتاً في النوع الاول والنوع الثاني ويخسر قوة ويربح وقتاً في النوع الثالث حسب النسبة المتقدمة .

٢٩٣ القبان . هو مخل من النوع الاول وتكون القوة فيه عند ق والثقل عند ث والدارك عند س بينهما الشكل ٣٣٣ فاذا كان البعد بين س وب قيراطا واحداً وبين س وق اثني عشر قيراطاً فحينئذ اذا تعلق رطل عند ق واذن ١٢ رطلاً عند ث حسب النسبة المذكورة آنفاً . واذا كان عند س صتارة اخرى مثل س وعلق القبان بها فحينئذ يصير الدارك عند ث فاذا فرضنا هذا الدارك عن ربع بعد الدارك عن س فان قارن الواحد عند ق يوازن ٣٨ رطلاً عند ث . وعلى ذلك قسموا قضيب القبان الى درجات توافق هذين الوضعين وجعلوا الدرجات الموافقة للوضع الواحد على جانب منه والموافقة للوضع الآخر على جانب آخر .



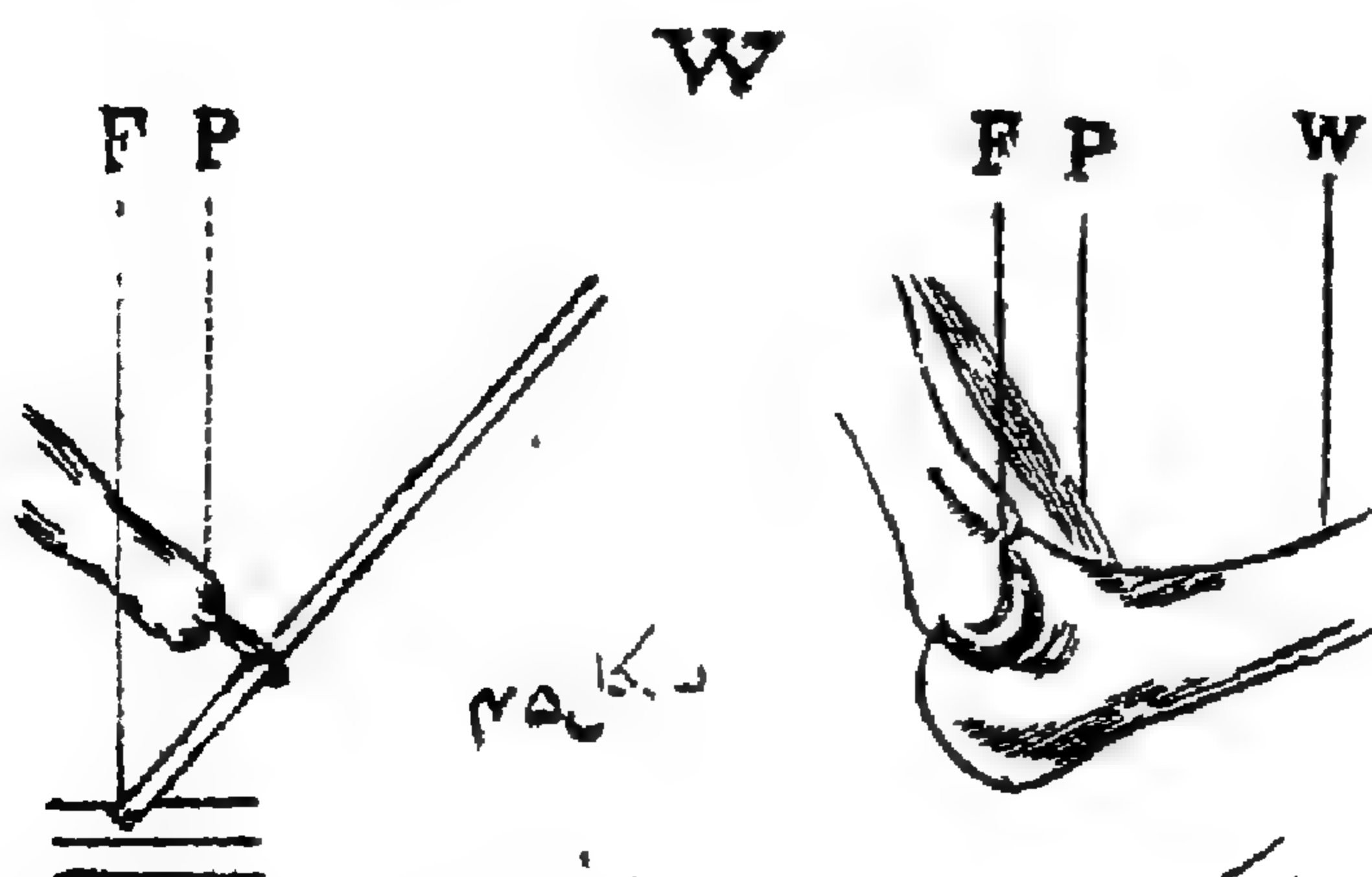
٢٩٤ الميزان . الميزان آلة لمعرفة ثقل الاجسام وهو من النوع الاول من المخل يحسب العيار فيه قوة والموزون ثقلاً او بالبعكس والدارك بينهما عند السما الذي تنزل الكفتان او تصعدان عليه . ويضبط الميزان بمجعل ساعديه متساويين تماماً في الطول والثقل وجعل كفتيه متساويتين ايضاً حتى اذا كانتا فارغتين يكون ساعداه موازيين لسطح الافق . فاذا انقصه شرط من هذه الشروط وقع فيه المخل و كان من ميازين الغش . الا انه قد يستعمل الوزن الصحيح بميزان الغش وذلك بان نضع الموزون في كفة ورملاً او حصيً او ما شبه في الكفة الاخرى حتى يتوازنا تماماً . ثم تبديل الموزون بعيارات توازن الرمل او المحصى فيعرف ثقل الموزون

منها. والميزان انواع كثيرة على المبدأ المتقدم وسيأتي ذكر نوع منها (عدد ٩)



الشكل ٢٢ (١)

(٩٦) اعضاء الانسان افعال * ان كثيرا من اعضاء الانسان يتحرك على مبدأ المحل فاذا اراد الانسان ان ينتصب بعد الانحناء مثلاً انتصب على مبدأ النوع الاول وكانت ق عضلات الفخذ ودراس الفخذ وث الجذع كما في الشكل ٢٢ . واذا اراد ان يفتح فمّه فتحة على مبدأ النوع الثاني وكانت ق العضلات التي ينخفض بها الفك السفلي وث عمل العضلات التي تطبق القم ود المفصل بين الصدغ والفك. واذا قبض ساعده على عضده قبضه على مبدأ النوع الثالث فان عضلة قوية من عضلات ذراعه تدغم في الساعد على بعد نحو قيراطين من المفصل المرفقي. ومن هذا المفصل الى مركز الكف نحو ثلاثة عشر قيراطاً فتحسب العضلة

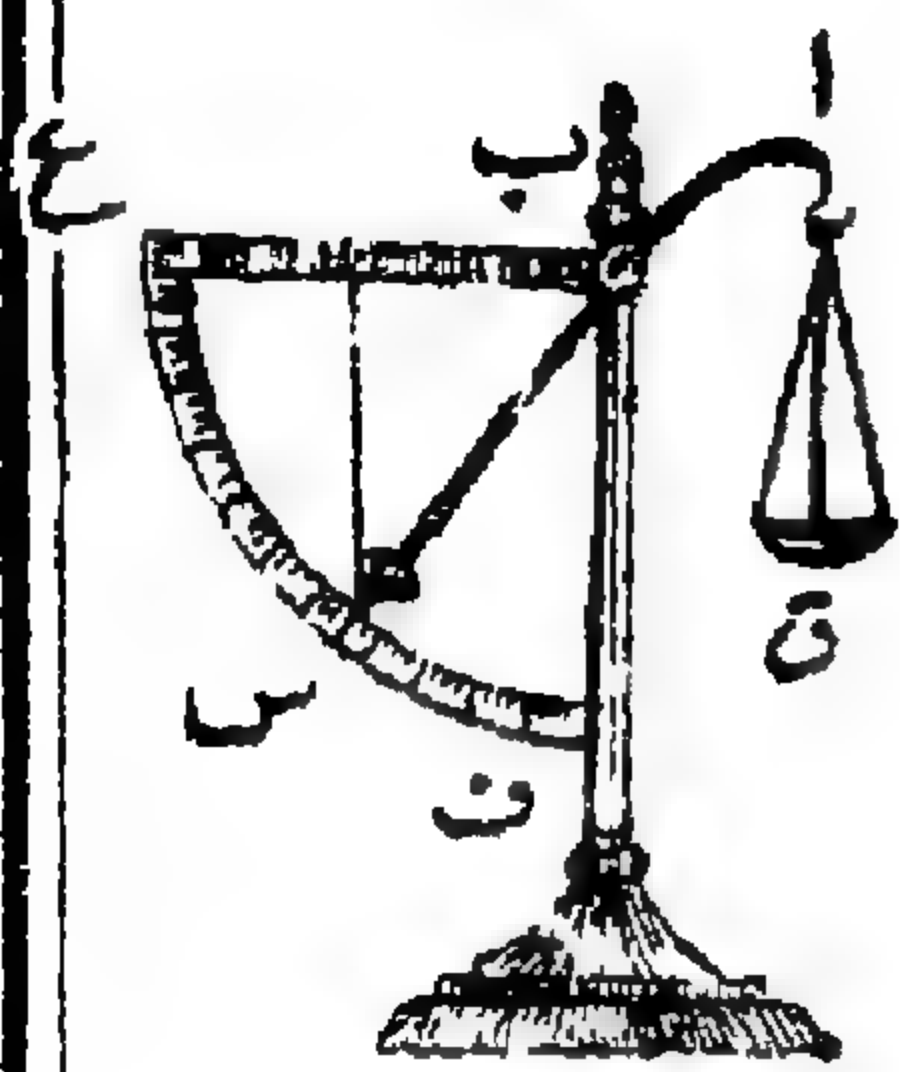


شكل ٢٥

٢٢ و ٢٥ الثقلي في هذين الشكلين ٢٢ و ٢٥

(١) P القوة F الدارك

ق (الشكل ٣٥) والفصل الرفي د واليد وما يحل بهاتين. ولذلك يكون ت ١٣٤ = ق ٢٠ حسب ما مر في تاموس الموازنة (عدد ٩٣) ثم ان ١٣ قيراطا تساوي ست مرات ونصف مرة قيراطين فلا ترفع هذه العضلة رطلا من الثقل الا بقوة ستة ارطال ونصف وذلك حسارة في القوة ولكنه في الوقت (عدد ٩٣). ولما كان مطلوب البشر السرعة في الاعمال جعلت الغاية الالهية لا يدبرهم موافقة لمطلوبهم.



الشكل ٣٤

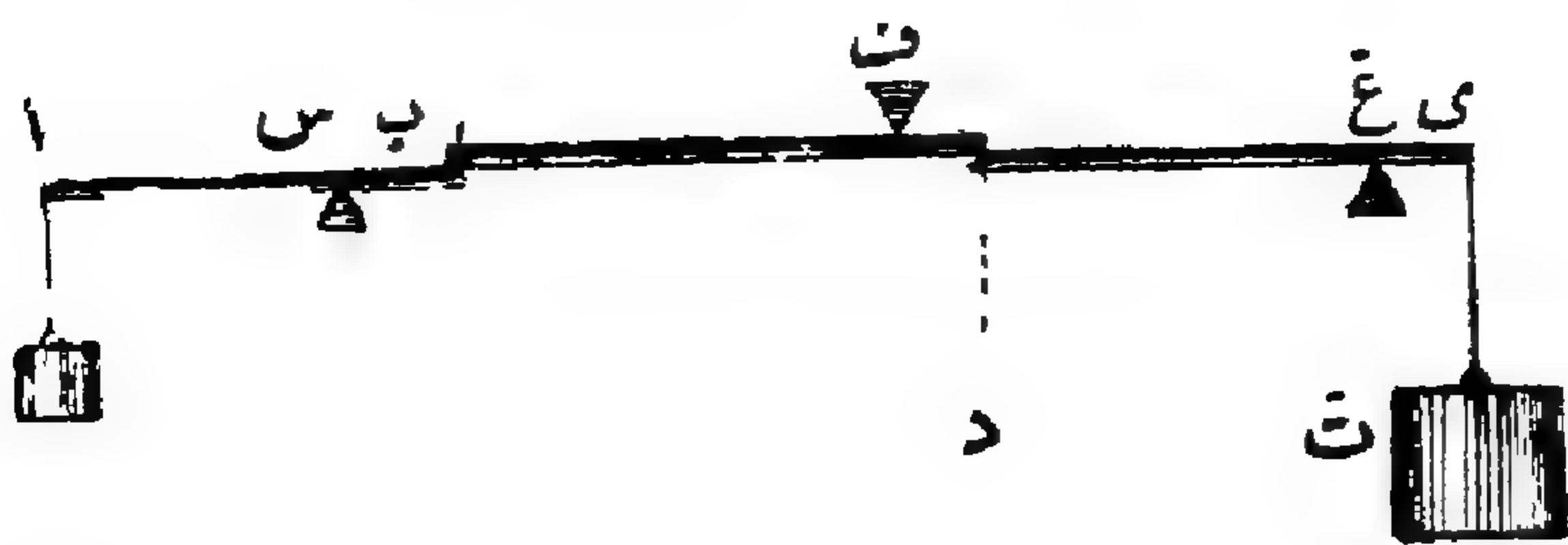


الشكل ٣٦

(٩٤) المخل المنحني هو ما ليس ساعدا في خط واحد مستقيم كالشاكوش اذا استعمل لقلم المسامير على ما ترى في الشكل ٣٧. ويجب ساعده المخطين المستقيمين الذين يرسمان من الدارك الى مقابلة كل من الثقل والقوة.

ويستعمل المخل المنحني في بعض انواع الميزان ايضا كما ترى في الشكل ٣٤ فان اب س فعل منحني طرفه س مشغل بثقل ثابت. وهذا المخل يدور على الدارك ب الذي هو مسار في العمود ب ف يفتح طرفه س على الربيع المقسم فغ المتصل بالمحور. واما طرفه الآخر فمعلق به الكفة ي. فاذا اريد الوزن به يوضع الموزون في ي فيعرف ثقله من موقعه س على درجات الربيع المقسمة على عبارات معروفة.

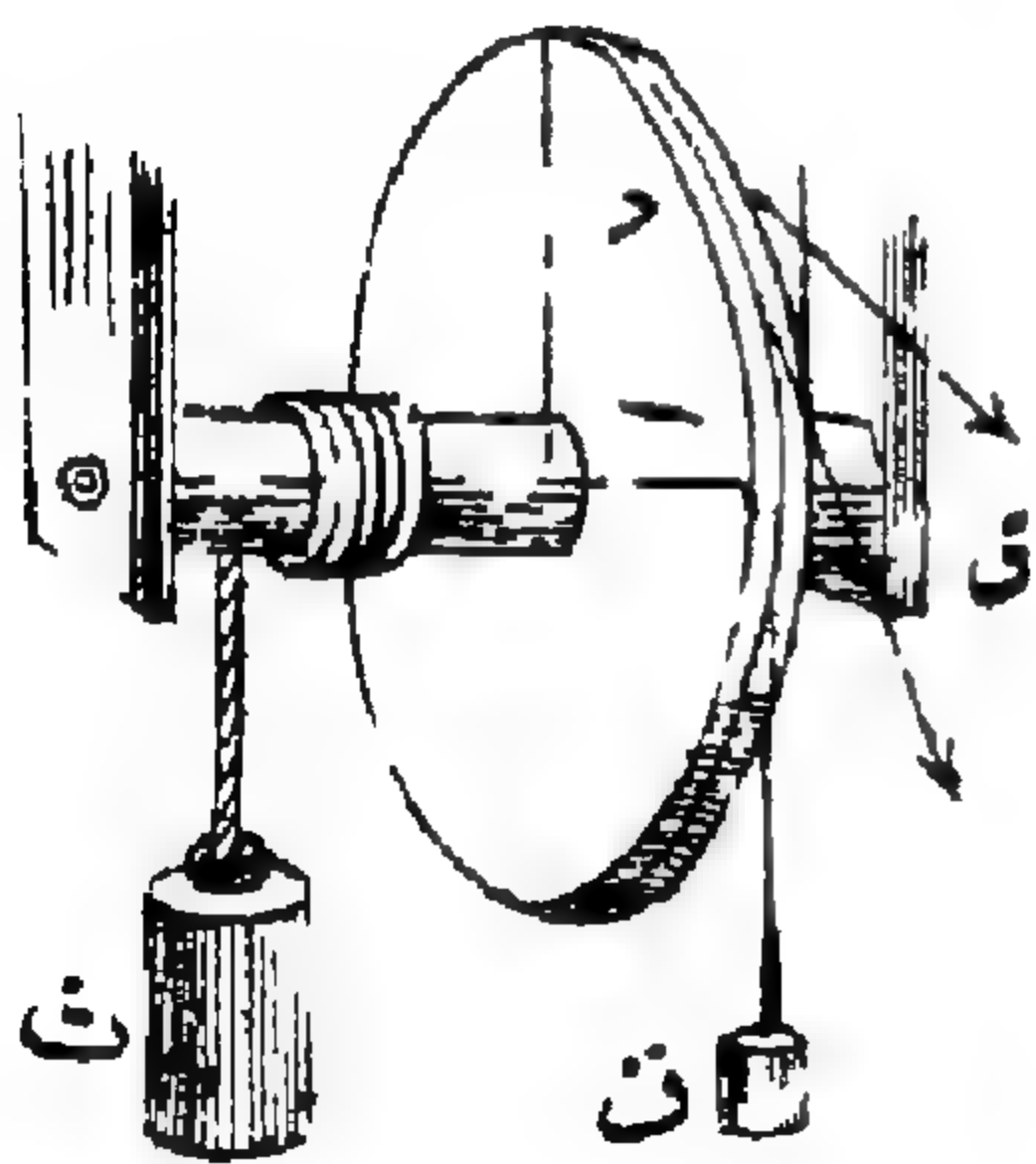
(٩٨) المخل المركب هو ما تركب من عدة امخال على شكل ان ساعدا لواحد الاقصر يفعل بساعدا الثاني الاطول واهل جزا الى الاخير كما ترى في الشكل ٣٨. فاذا كان بعد اعن الدارك س اربعة اضفاف بعد ب عنه فتكون خمسة ارطال عند اترفع ثقل ٢٠ رطلا عند ب واذا كان ساعدا ب د وهو المخل الثاني من المخل المركب مناسيبين لساعدي المخل الاول في الطول فتكون ٢٠ رطلا عند ب ترفع ٨٠ رطلا عند د وكذلك قوة ٨٠ رطلا عند د في المخل الثالث د ترفع ٣٢ رطلا عند د. فبالمخل المركب ترفع قوة خمسة



الشكل ٣٨

الطال ٣٢٠ رطلا من الثقل غير أنه إذا أُريد رفع هذا الثقل قد ما واحدة
لنم أن تهبط القوة ٦٣ قد ما. ويصيح أن يستعمل المخل البسيط إذا كان طويل
الساعدين عوضاً عن المخل المركب ولكن المركب يفضل عليه لأنه أخف
منه ثقلاً وأسهل استعمالاً. ويستخدم لوزن البضائع عند اصحاب
الارطال ونحوها.

(٩٩) الدولاب والجزع: الجزع في اصطلاح هذا الفن اسطوانة
داخلة في وسط الدولاب ومتحدة به اتحاداً محكمًا وكلاهما يدور على
خط مستقيم يمر بمركزى قاعدتي الجزع ويسمى المحور. وهما ضرب من المخل
مثال ذلك خنزيرة البير التي يسحب الدلو عليها ففيها تفعل القوة بواسطة



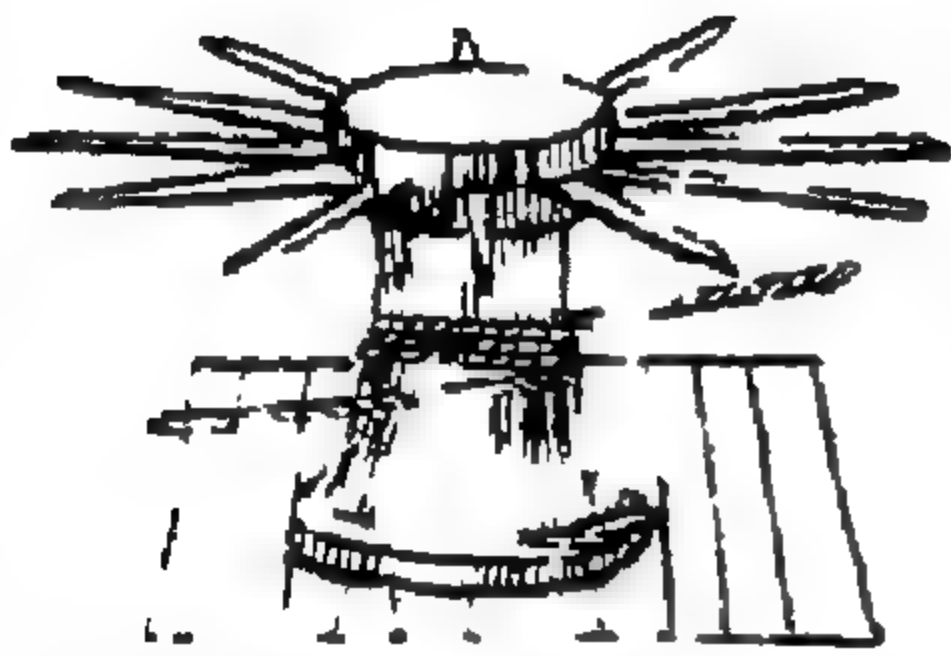
الشكل ٥٠



الشكل ٣٩

مقبض الخنزيرة ومحسب الدلو ثقلاً والمحور داركاً. وطول اليد من المقبض
الى محور الخنزيرة ساعد المخل الاطول ونصف قطر الجزع ساعدة الاقصر
وليس فيها دولاب بل يعتبر مقبض الخنزيرة دولاباً والخنزيرة جزعا

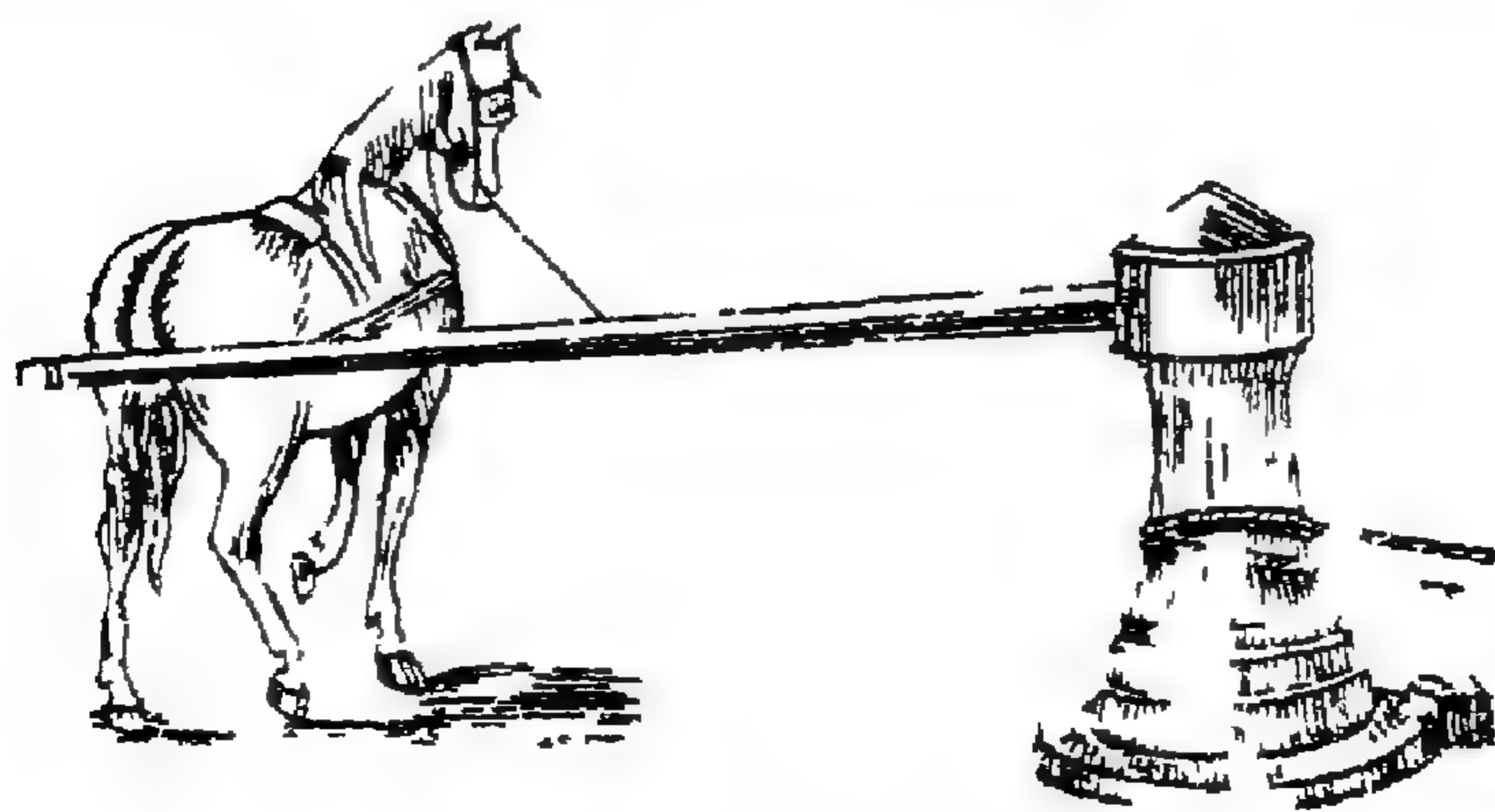
ويظهر الدولاب والجزع جليا من الشكل ٧٦ وهو صورة مقطوعهما عرضا
فالخرف يدل على الدارك وداعلى الساعد الاطول ودب على الساعه
الاقصروث على الثقل وقى على القوة وهذه صورة الدولاب والجزع
كاملا الشكل ٥٠ فترى الثقل ثلثا فيها على الجزع والقوة قى صلا
عن جانب الدولاب. واما الشكل ٥١ فيدل على الآلة التي ترفع بها
مرساة السفينة من البحر. وذلك بادرارة الجزع بواسطة القضبان التي
منه فيلثف الزنجير عليه واما الشكل ٥٢ فصورة آلة تستعمل غالباً لنقل
الابنية ويديرها حصان.



الشكل ٥١

١٠٠٠ واعلم ان للدولاب والجزع
مزية على المخل يكون عملهما مستمرا متخللا
المخل فانه يلزم فيه ان يستند الثقل
ويجدد وضع المخل كل قليل كما يشاهد
في قلم الصنور ونحوها فيكون عمله متقطعا
ولذلك يسمى الدولاب والجزع ايضا المخل الدائم العمل.

١٠١١ ناموس الموازنة في الدولاب والجزع: كلما ادبرنا الدولاب
دورة يلثف الحبل حول الجزع لفة ويرتفع الثقل بقدر طول تلك اللفة
فحسب ناموس الحركة وهو ان الزخم = المادة × السرعة ولكون زخم



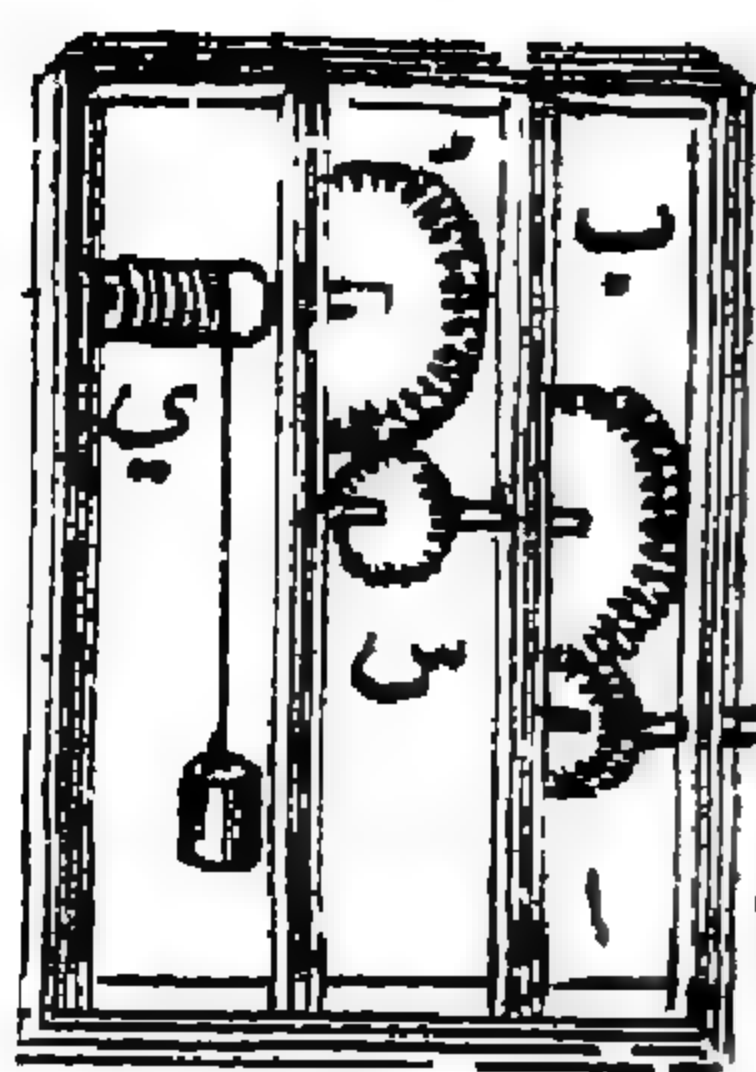
الشكل ٥٢

القوة يقتضيه ان يساوى زخم الثقل لكي يتوازنا ومحيط الدولاب هو سرعة القوة ومحيط الجزع سرعة الثقل لنا القوة \times محيط الدولاب = الثقل \times محيط الجزع. ولما كان محيط الدائرة الواحدة الى محيط الدائرة الاخرى كنصف قطر تلك الدائرة الى نصف قطر هذه فلنا
ق:ث: نصف قطر الجزع: نصف قطر الدولاب.
فاذا كان نصف قطر الجزع ٤ وقطر الدولاب ٢٢ قيراطا
فالثقل اربعة اضعاف القوة.

(١٠٢) الدولاب المركب هو ما تركيب من عدة دواليب وجزوع تفعل بعضها ببعض على سبيل المحل المركب. وذلك بان تكون الدواليب والجزوع مستندة فتدوير اسنان جزع الدولاب الواحد اسنان الدولاب الاخر فيدور وهو وجزعه فتدوير اسنان جزع هذا اسنان دولاب آخر فتدويره هو وجزعه ايضا وهلم جرا حتى يتصل فعل القوة الى الثقل تستعمل الدواليب نفسها لادارة بعضها البعض ايضا كما ترى في الشكل سه.
فتسمى التي توصل الحركة الى المحيط مثل اوس السائقة والاخرى مثل ب ود المسوقة وتحسب اليدق ح من الدواليب المسوقة والجزع ع من السائقة
فاذا كان ق ح ١٢ قيراطا ونصف قطر الدولاب السائق ا قيراطين وفعل الاسنان بقوة دطل واحد تصير القوة على الدولاب ب ٤ اطلال ١٠ واذا فرض نصف قطر الدولاب السائق س قيراطين ايضا ونصف قطر المسوق ب ١٢ قيراطا تصير القوة التي كانت ٦ اطلال على ب ٤ دطلا على د وتوازن ثقل ٢١٦ رطلا على الجزع ع

(١) محيط الدائرة هو الخط المستدير الذي يرسم حولها. ومركزها هو نقطة في وسطها جميع الخطوط والخارجة منها الى المحيط متساوية. وقطرها هو كل خط يرسم من جانب من محيطها الى جانب آخر ما دام مركزها. ونصف قطرها هو نصف ذلك الخط موسوما من المركز الى المحيط. فيقتد رما يطول نصف قطر الدائرة يتسم محيطها.

الذي نصف قطره قبل طأن أي أن قوة ظل واحد تزن ثقل ٢١٤ رطلاً لأن هذا الثقل لا يتحرك إلا ١/٢١٤ من المسافة التي تتحرك فيها القوة .



الشكل ٥٣

فما نريجه بألدولاب المركب من دفع ثقل عظيم بقوة صغيرة يعادل ما نخسره من الوقت على دفع ذلك الثقل وإذا اردنا العجلة زدنا القوة وجعلناها تفعل بالجمع عكس ما تقدم كما هو شائع في المعامل سيث يدور

دولاب الماء وغيره يزعم شديد فيد يربقوت العظيمة غيره من الدواليب المغازل بسرعة شديدة .

(١٠٣) البكرة البكرة ضرب من المخل يدور على محور ثابت هو دارة وهي عبارة عن دولاب في حرفه محزب ينزل فيه الحبل أو نحو . وفائدتها تظهر عما يأتي . إذا اردنا أن نوصل القوة من محل إلى آخر بالآلات فعلنا ذلك إما بالدفع أو بالسحب أما الدفع فتستخدم له



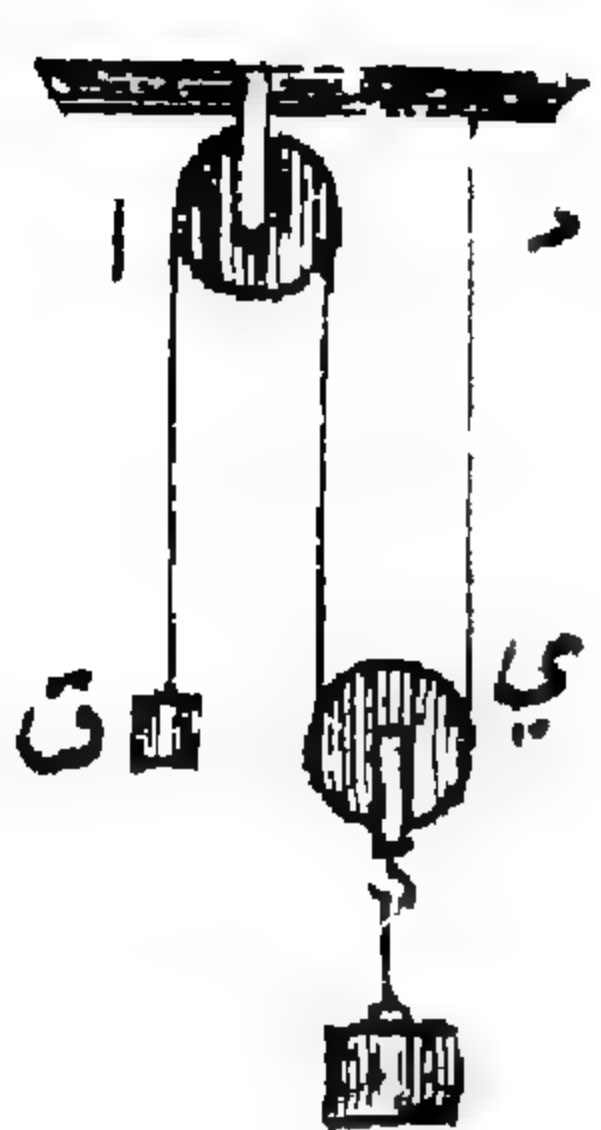
الشكل ٥٤

الاجسام الصلبة كالمخل وأما السحب فتستخدم في الاجسام اللينة كالخيال والاونار والمخيوط ونحوها . ويمتاز السحب على الدفع بأنه مع اتصاله القوة كالدفعة يمكن فيه تغيير جهتها كما في البكرة الثابتة المفردة (الشكل ٥٤) فهذه

مخل من النوع الاول متساوي الساعدتين فلا يربح بها قوة ولا سرعة لان اليد ق تسحب نازلاً بقدر صعود الثقل ث وكلاهما يتحرك بسرعة واحدة ولكنها مع ذلك كبيرة الفائدة كما ينظر من دفع الرايات من اعلى الارض الى رؤس السوارى مثلاً فلولاها لالتزم البحر أو غيره ان يخاطر بنفسه الى رأس السارية لرفع الراية . وإذا وضعت بكوتان ثابتان كما في الشكل ٥٥ ولف حولهما حبل ثم ربط ثقل بأحد طرفيه وحصان بطرف الآخر يسبق الحصان ارتفع الثقل بقوة الحصان عن الارض الى العلو المراد .

(١٠٣) البكرة المتحركة تستعمل البكرة

ايضا متحركة وهي التي ترتفع على الخيط
فترفع الثقل معها و



تكون اما مفردة او مركبة
فمثال المفردة الشكل ٥١
حيث ابكرة ثابتة و



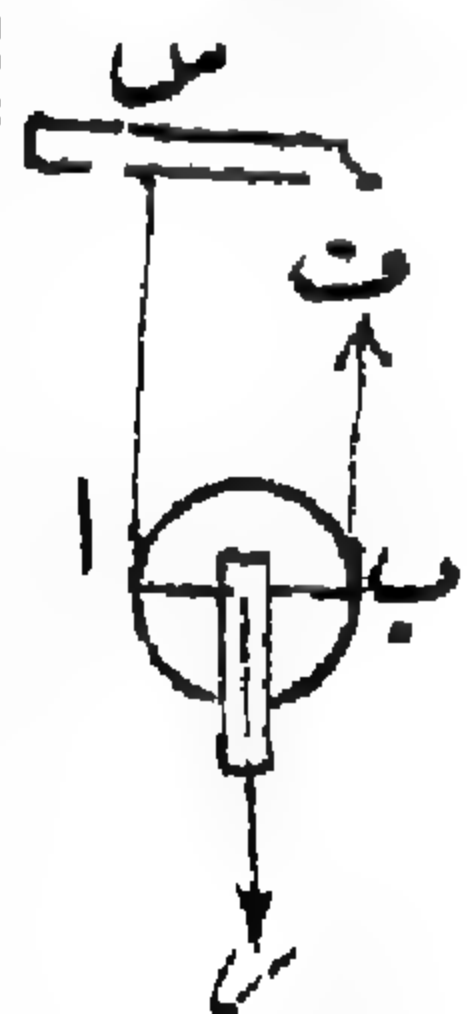
الشكل ٥٥

المعلق الثقل بها بكرة متحركة ولا يخفى ان نصف
الثقل معلق بالخيط و النصف الآخر تحمله القوة
ق بالخيط اي - فالقوة اذا توازن الثقل في البكرة

الشكل ٥٢

المتحركة المفردة اذا ساوت نصفه فقط ولكن يكون البين الذي
يتحرك فيه مضاعف البين الذي يتحرك فيه الثقل وذلك لا شك
فيه اي انا نربح بها قوة ونخسر وقتا.

ولزيادة ايضاح ذلك نقول ان (الشكل ٥٠) في البكرة ينزل الدار في
المخل و ينزل الثقل فاعلا في جهة الخط وروب القوة. فهذه البكرة من النوع
الثاني من المخل ويصدق عليها ما قيل عنه. ولما كان الثقل فيها واقعا في منتصف
البعد بين الدار والقوة تحصل الموازنة. اذا ساوت القوة
نصف الثقل.



الشكل ٥٤

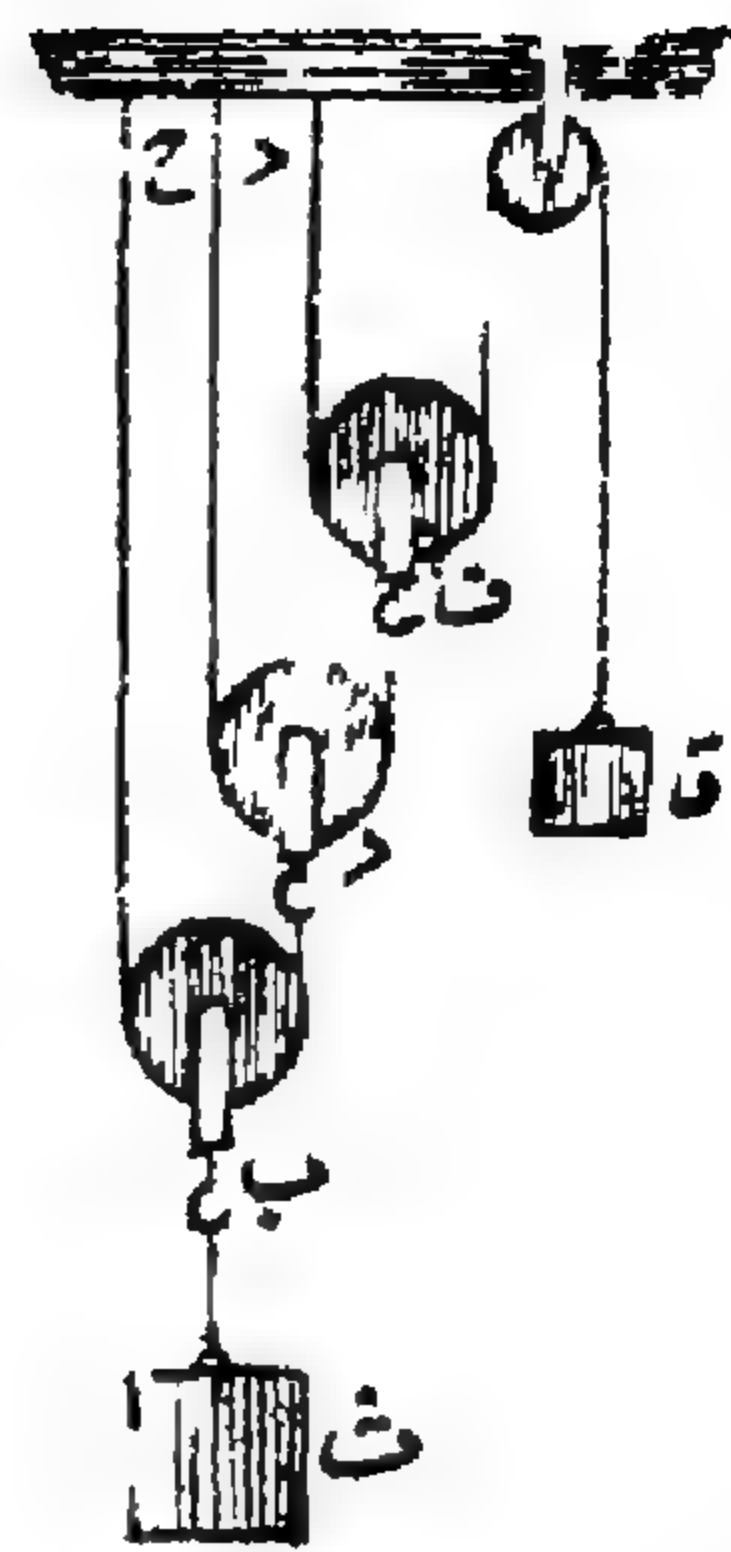
(١٠٥) البكرة المركبة اذا نظرت الى الشكل ٥١

وجدت ان الثقل معلق بخيوط على عدة بكرات
مركبة معا فالبكرة ف تحمل ثقلا بقدر مضاعف القوة

ق (عد ١٠٣) والبكرة د تحمل ثقلا مضاعفا ف كذلك و
البكرة ب مضاعف د. فتكون القوة في نظام هذه البكرات موازنة
لثقل اكبر منها بثمانية اضعاف. فقوة وطل واحد توازن ثقل ثمانية



الشكل ٥٩



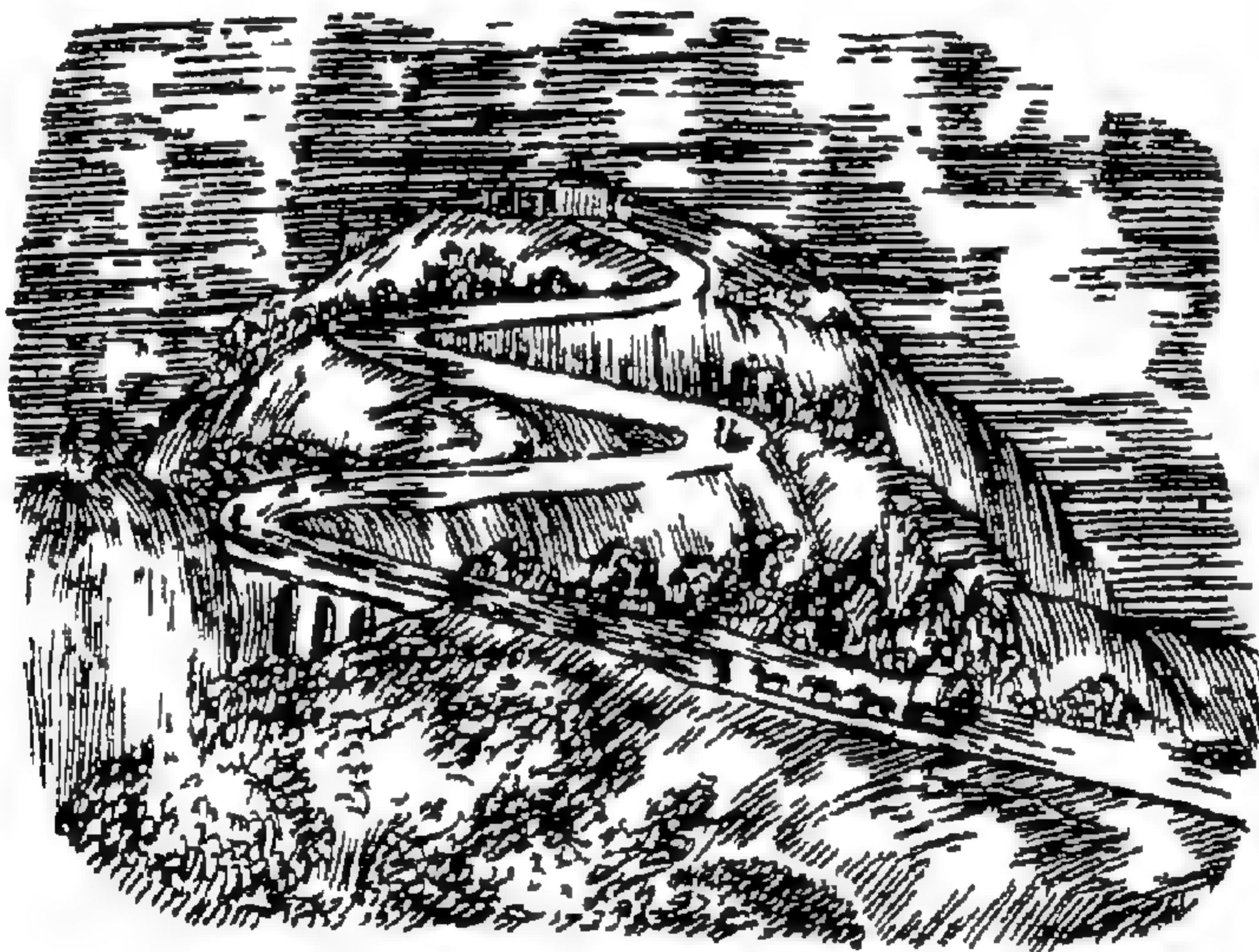
الشكل ٥٨

ارطال ولكنها لا ترفع الثقل فيراط واحدًا حتى تنزل ثمانية قراريط
على ما علمت. وتركب البكرات على هياكل أخرى منها الشكل
٥٩ وهو يدل على البكرات المستعملة عند العاطلين بالآلات.
(١٠٦) ناموس الموازنة في البكرة. في كل نظام من
نظومات البكرة يفقد نصف القوة تقريبًا بالاحتكاك
فلا يؤدي المرام وأكثر النظومات المستعملة يكون
الثقل فيها مساويًا للقوة مضروبة
في مضاعف عدد البكرات
المتحركة

الفصل الثاني

في السطح المائل وتوابعه

١٠٤ د السطح المائل : اذا اردنا ان نرفع حملا ثقيلًا الى مركبة او حجرًا ثقيلًا على ظهر جبل ولم نقدر على رفعه ثقله نصل بين المركبة او ظهر الجبل والارض بخشبة مائلة ثم نقل الجبل او الحجر عليها حتى يصل الى العربة او ظهر الجبل. فسطح الخشبة هذا يسمى سطحًا مائلًا. واذا اردنا ان نصل من الارض الى عليّة نصل بينهما بسلم فالسلم سطح مائل وانما درجها

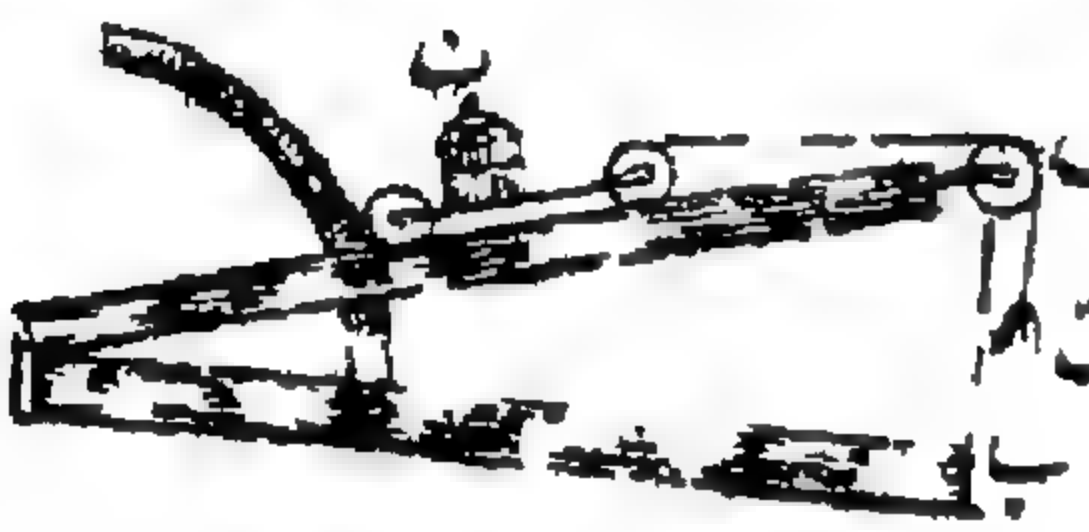


الشكل ٩٠

واسطة لتسهيل الصعود عينا. ومثل ذلك اذا صعدت المركبات او الدواب في الجبال فانها تدور في الغالب على سطح مائل كما ترى في الشكل ٧٠.

قل ان في اميركا الجنوبية طريقا مصنوعة على سطح مائل بلواها ستة اميال ومهندس كالوا الى ليما في علوا ١٥ قدما. وهي من اطول السطوح المائلة في الارض واتقنتها

(١٠٨) ناموس الموازنة في السطح المائل. اذا فرضنا ق في الشكل ٧١ القوة ون الثقل موضوعا على عجلة وس بكرة ينسحب الثقل عليها واس سطحا مائلا فالقوة لا ترفع الثقل الى علوب س ما لم ترتبط في مسافة تساوي



الشكل ٧١

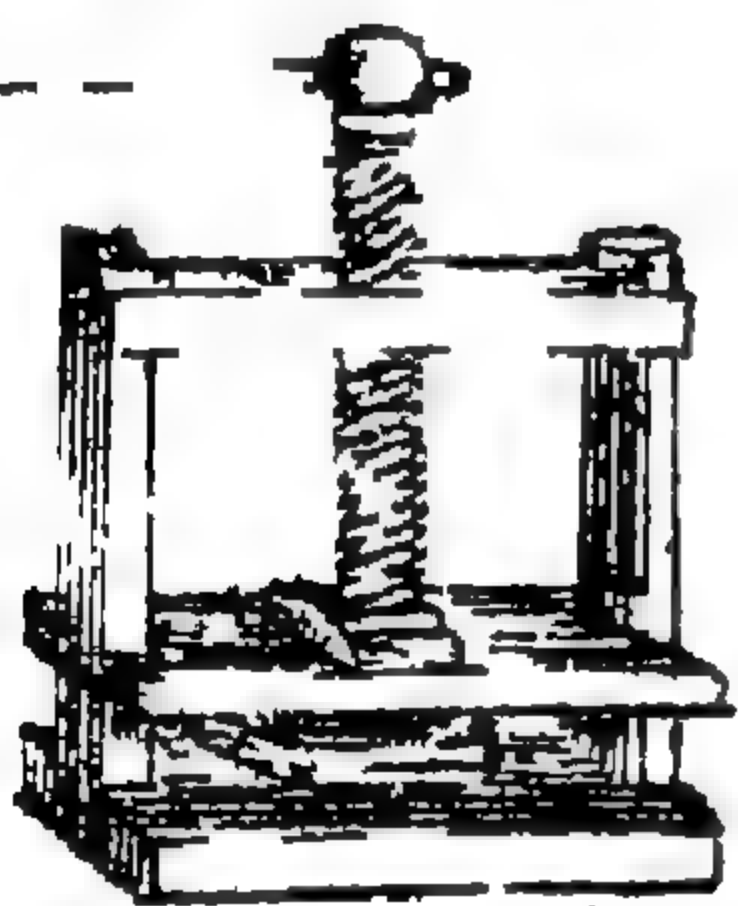
اس. وحسب ناموس الميكانيكيات ق \times طول السطح المائل = ث \times علو السطح المائل. فبمثل ذلك الى نسبة يكون ق : ث :: علو السطح المائل : طوله.

فاذا اردنا ان ندحرج حجرا ثقله ٢٠٠ افه الى ظهر جبل علوه ٣٠ قدما عن الارض على سطح مائل طوله ٢٠ قدما لزم لنا قوة ٥٠ افه اي ربع الثقل فقط لان القوة ٢٠٠ : ٥٠ = ٢ : ١ قدما ٢٠ قدما فالقوة = ٢٥ افه. فكانا يدحرج الحجر على السطح المائل خففنا ثقله حتى صار ربع ما كان. ولكن ما نكسبه من تخفيف الثقل نخسر في قضاء الوقت لانه ندحرج الحجر على السطح المائل مسافة ٢٠ قدما ولورفعناه دفعة واحدة لارتفاع مسافة ٣٠ قدما اي ربع تلك المسافة فقط. واذا مر حصان مركبة في طريق طالعه وكان كلما سار في الطريق ١٠ اقدم يرتفع قدما واحدا في الارتفاع فلا يبذل من القوة على جر المركبة الا ما يساوي ١٠ من ثقلها هذا عدا ما ينضيه الاحتكاك به. واذا تدحرج جسم من شاق

الى الارض على سطح مائل يكون معدل سرعته عند وصوله الى آخر السطح المائل
اي التي يكتسبها بالاستمرار في آخر السطح يساوي معدل سرعته الجاذبية عند
وصوله الى الارض لو سقط من الشاهق الى الارض في خط عمودي.

ان في جوار بحيرة لوسرن بسويسرا غابة من شجر السديان على راس جبل شاهق
من جبال الالباء يسعد اليها الناس ويقطعون شجرها ثم ينزلونها في نزل مسافة ثمانية
اميال في ثمان دقائق ويسير في قناة من الخشب الى الماء فتغادر سرعتها جدا في نزولها
حتى يسمع له صوت كالرعد القاصف واذا اتفق ان شجرة اقلت من القناة تحطمت
كل تحطم.

(١٠٩) للولب يعرف بالبرغي ايضا المركبة من اسطوانة
وسطح مائل ملتحق حولها وتعرف الاسطوانة بالجسم والسطح المائل
بالخيط الشكل ١٠٩ ويدخل الولب في حوزة ذات خيوط متعاقبة
لخيوط بحيث تدخل خيوطه في خيوطها



الشكل ١٠٩

فتدور هي عليه او يدور هو عليها وتقل
القوة به او بها حسبما يتفق بمفتاح او مخل
وهو كثير الاستعمال في المعاصر لعصر

الزيتون والنفاح والعنب وبزرا الكنان وقصب السكر ونحوها طبع
المكاتب في المطابع وسك النقود وما شاكل وفي الملازم وفي
رفع الابنية وغير ذلك.

(١١٠) ناموس الموازنة في الولب: اذا فعلت القوة بطرف مائل
لولب رسمت دائرة نصف قطرها طول المائل ومحيطها البين الذي
تدور فيه القوة ورفعت الثقل في كل دورة بقدر البعد بين خط
واخر من خيوط الولب فبحسب ناموس ميكانيكيات في محيط الدائرة ثلث البعد
بين خيوط اخرين في ثلث البعد بين خيطين المحيط.

وعلى ذلك تزداد قوة اللولب اما بتطويل المحل او بتقليل البعد بين
الخيوط .

(١١١) السفين : السفين آلة ذات سطحين مائلين يلتقيان في
خطد الشكل ١١٣ ، ويستعمل لشق الحطب وقص
الصخور ورفع السفن لاجل اصلاحها وغير
ذلك . وعلى مبدأه تستعمل الآلات الثاقبة
والقاطعة كالابر والمسامير والمواسي ونحوها
ر ١١٢ : ناموس الموازنة في السفين : هو
كناموس الموازنة في السطح المائل اي .
ق : ث : سمك السفين : طوله .



ولكن هذا الناموس لا يصدق عيلاً فان قوة السفين اعظم جداً
ما يقتضيه . لان الاحتكاك الذي ينقص قوة السطح المائل وغيره من
الآلات الميكانيكية يزيد السنين قوة ولولاها لكان السفين يرتد
من موضعه بعد كل ضربة فيذهب ثقب الضارب سداً . وايضاً
لان القوة الفاعلة في السفين من الآلات الميكانيكية هي قوة ثابتة
جل واحدة واما القوة الفاعلة بالسفين فهي ضربات منقطعة
تساوي زخم المطرقة الطارقة علة .

الخاتمة : ان ما تقدم عن الآلات الميكانيكية يصدق عليها نظر الاعمال
وذلك لاننا كنا نعتبر المحل مثلاً عديم الثقل والواقع ان له ثقلاً ينبغي الالتفات
اليه عند التحقيق في الحساب . وكنا نفرض المحل وغيره من الآلات تاماً
القساوة لاثلين ولا تشقق وحبال البكرات وخطوطها تامة البوتة لا يشترط
ليها ادنى قوة . وكنا نقطع النظر عن الاحتكاك فيحسبه غير موجود والصحيح ان
هذه كلها موجودة فيقتضى الالتفات اليها عملاً . هذا ومع ان الغرض من

الآلات الميكانيكية رفع الاثقال فلا يبحث في هذا الفن عن القوة اللازمة لرفع الثقل بل عن القوة اللازمة لموازنته كما تقدم وذلك لانه متى حصلت الموازنة فافضل زيادة على القوة لرفع الثقل فتنسب.

د س ا ا مسائل للمتمرين : د ا لماذا يصح ان يسمى مجذات القارب محلا و كذلك الباب . والسقاطة . والرفش . والمجرفة . والمقص . والمجرد . والمعلقة . والميزان . والمنكحة (الشكل ١٢٧) ومكسر الجوز



والبندق . ونحوهما . والمعول اذا تحركت مع الذراع

من الكنت (٢) اذا امسكت بطرف السلم ونصبت

الشكل ١٢٨

على المحاط فكيف تبين انك تنقل برفعه من النوع الثاني الى النوع الثالث من الحمل

د س لماذا يزيد المر القوس بشعبي الملقط قرب ملتقاهما عن المر القوس بهما

قرب طرفيهما (٣) اراد رجلان ان يعملوا ٢٥ اقة من الحرير يعود على كفيهما

طوله عشر اقدام فاين يعلقان الحرير حتى يحمل احدهما ٥٠ اقة فقط (٥) عندنا

حمل من النوع الاول طوله ست اقدام وسرادنا ان نجعل قوة رطل واحد توازن

عليه ٢٣ رطلا من الثقل فاين نضع داركه (٦) اراد زيدا ان يرفع صندوقا

على دولاب قطر جزعه قدم وطول يده ٣ اقدام فما القوة لذلك (٧) اذا

واذن ثقل ٢٠٠ اقة قوة مساوية اوقية على دولاب قطره ٦ اقدام فكم يكون

قطر جزعه (٨) كوكبة متحركة ترفع ٢٠٠ رطل من الثقل بقوة ٢٥ رطلا (٩)

كم رطلا من الثقل يرتفع بمائة رطل من القوة على نظام مؤلف من اربع بكرات

متحركة وبكرة ثابتة لتغيير جهة القوة (١٠) كم من الثقل يرتفع بقوة حصان (١١)

واحد تسحب بنظام من البكرات كالنظام المرسوم في الشكل ١٠٥٩ (١٢) رفع يد

٢٠٠ اقة بقوة ٢٥ رطلا على لولب طول يده ٣ اقدام فكم كان بعد بين خيوطه

(١٣) قوة الحصان الواحد في الميكانيكيات تساوي قوة ترفع ٣٠٠٠ رطل ليبراى نحو

٦. قنطارا قدما واحدة في رقيقة واحدة بدون سعة الآلات .

(١٢) وازنت قوة ١٢ رطلا على سطح مائل طوله ١٢ قدماً فكم كان علوه. الجواب
 عدد ١٠٠ (١٢ × ١٢ ÷ ٩٩ = علو السطح) (١٣) ٢ = ١٣ (١٣) اراد عمرو ان يرفع حجراً
 ٣٠ رطلا الى ظهر جملة على ارتفاع اربع اقدام عن سطح الارض وقوة عمر ٢٠ رطلا
 فقط فكم يجب ان يكون طول العارضة التي يدحرج الحجر عليها. (١٤) عندنا قوة ١٠٠ رطل
 ولولب طول يده اربع اقدام والبعد بين كل خيطين من خوط ثلاثة ارباع الشوط
 فكم من الشغل يرتفع بهما. (١٥) طول قبان من صنارة الدارك الى الطرف الذي
 تصل اليه القوة قدما ١٠ وبعد صنارة الدارك عن صنارة الشغل تيراطان والقوة
 عليه رطل فالى كم من الارطال يوزن عليه. (انظر عدد ٩٣). (١٦) كيف يمكن ان يستعمل
 الرفش في حفر الارض على مبدأ كل نوع من انواع الحمل الثلاثة. (١٧) ماذا يصنع
 ملقط الحداد والملقط الاعتيادي على مبدأ واحد. (١٨) طول محمل من النوع الثالث
 ٣٠ قدماً وبعد ث من ٣٠ اقدام وق ٥٠ رطلا فكم رطلا من الشغل توازن عليه.
 (١٩) طول محمل من النوع الاول ٢٠ قدماً وبعد عن ث ٣٠ اقدام وق ٥٠ رطلا فكم
 رطلا من الشغل توازن عليه. (٢٠) عندنا دولاب وجزع فاذا كانت ق = ٣٠ رطلا
 و ث = ٢٠ رطلا فما الجزع = قراريط فكم محيط الدولاب. (٢١)
 اذا فرضت ق = ٢٠ رطلا و ث = ٢٠ رطلا وقطر الدولاب
 = ٣٠ اقدام فكم محيط الجزع. (٢٢) قطر الجزع ١٠ قراريط
 وق ١٠٠ اوقية و ث ٢٠٠ اوقية فما قطر الدولاب
 (٢٣) اى قوة تحمل ٣٠٠ رطلا بست
 بكرات وخيط واحد يمر عليها كلها.
 (٢٤) كم كوة عمود كة تحمل.

٢٠ رطلا من الشغل

اذا فرضت القوة

١٠ ارطال

ع

الباب الخامس

في ضغط السوائل

الفصل الأول

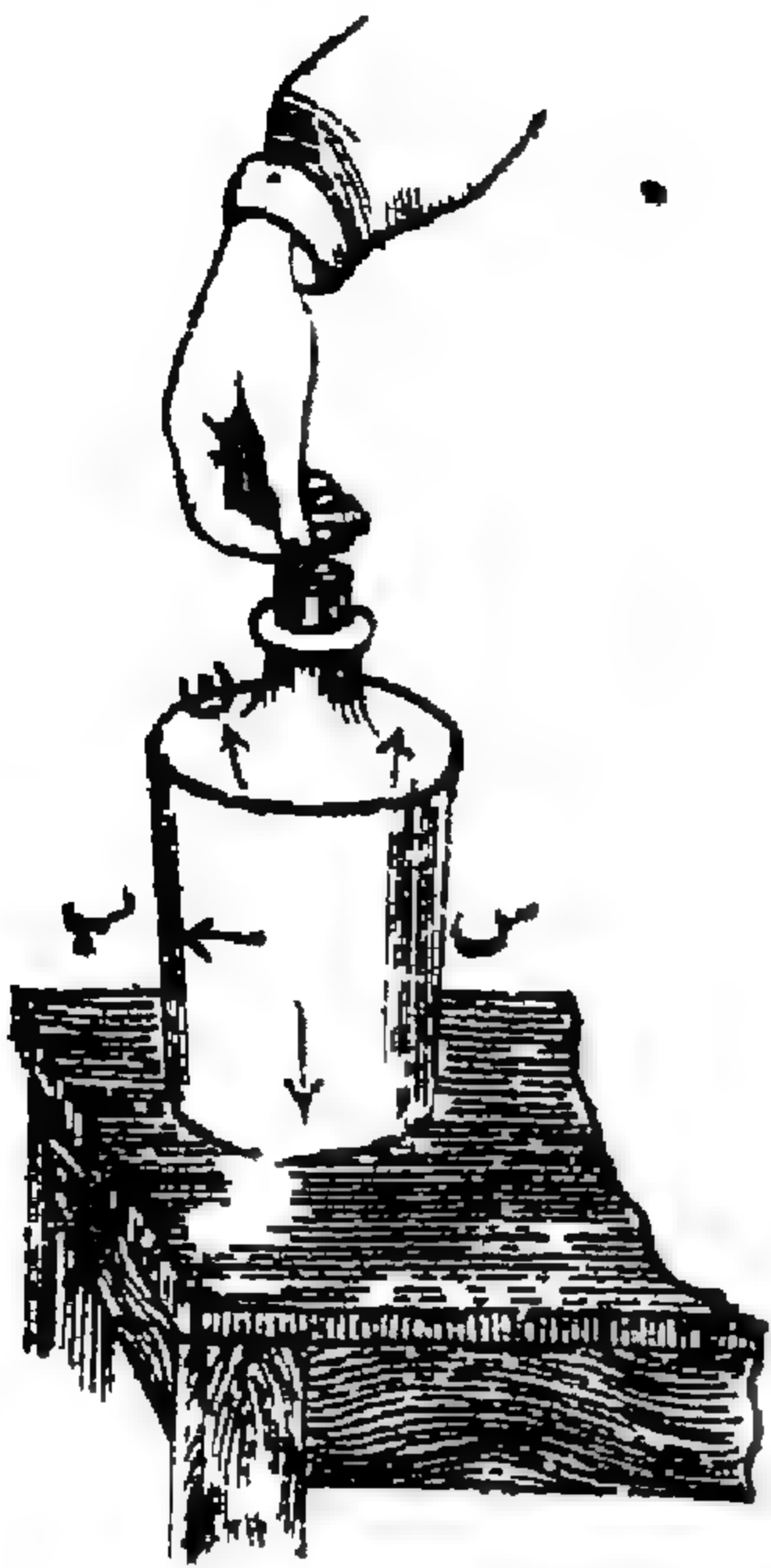
في الماء الساكن أو الهيدروستاتيك

(١١٣) الهيدروستاتيك لفظ مشتقة من اليونانية معناها موازنة الماء. وهي فن يبحث فيه عن موازنة السوائل الساكنة وضغطها. ولما كان الماء أعظم السوائل مقدارا كان أيسرها استعمالا في التجارب الفلسفية ولذلك يتخذ نابيا عنها كلها.

(١١٥) تساوي ضغط السوائل: إذا ضغطت السوائل أوصلته الضغط بالتساوي إلى كل الجهات. ويسمى ذلك ناموس باسكال لأن باسكال كشفه وهو أشهر نواميس السوائل وبيانه أن دقائق السوائل سهلة الحركة بعضها على بعض فإذا ضغطتها قوة فلا احتكاك ينقصها بل تنصل بالتساوي إلى الأعلى والأسفل وبقيت الجهات والدليل عليه أنه إذا ملأت قنينة ماء وسدتها يفلينة وضغطت الفلينة بقوة أوقية انتقل الضغط على دقائق الماء من دقيقة إلى أخرى. فإذا كانت مساحة الفلينة قيراطا مربعا فالضغط لكل قيراط مربع من القنينة عند الشكل (٤٥) ١٥ أوب اوس يساوي أوقية. ولذلك إذا كانت مساحة السطح الداخلي من القنينة مائة قيراط مربع فضغط الأوقية الواحدة الفلينة يصير مائة أوقية من

القوة داخل القنينة فيكاد يكسرهما.

(١١٦) انشغال الضغط على السائل



الشكل ١٥

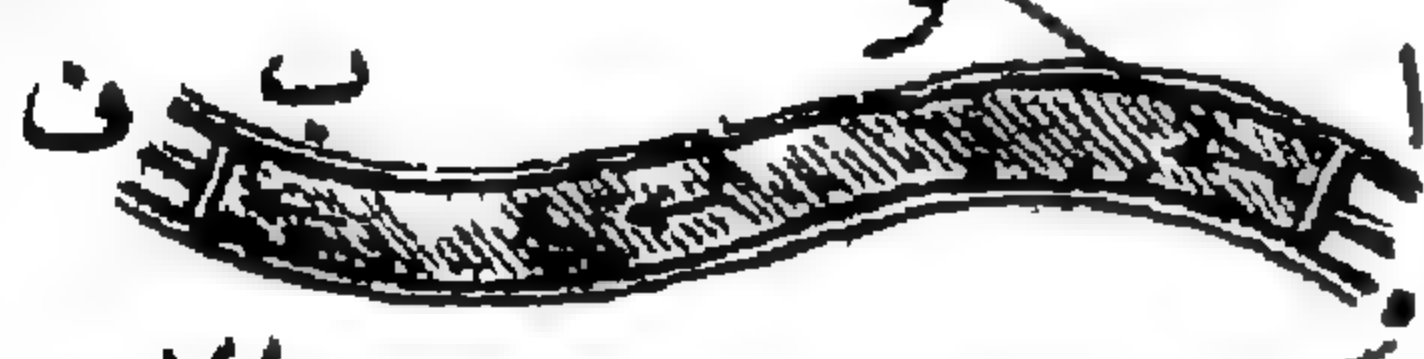
ان انشغال الضغط على السائل قد يكون اتم من انشغاله على الجوامد كما يتضح مما يأتي: لتدخل اسطوانة من الرصاص في انبوبة مستقيمة اب في الشكل ١١٦ وليجعل مدك في طرف الانبوبة فاذا احركت المدك قوة عند وانقل فعلها هذا الى ف بدون ان ينقص شيء منه. واما اذا دخلت



الشكل ١٦

اسطوانة منحنية من الرصاص في انبوبة منحنية كما في الشكل ١١٧ ثم ادخل مدك في الاسطوانة وحركته قوة عنه

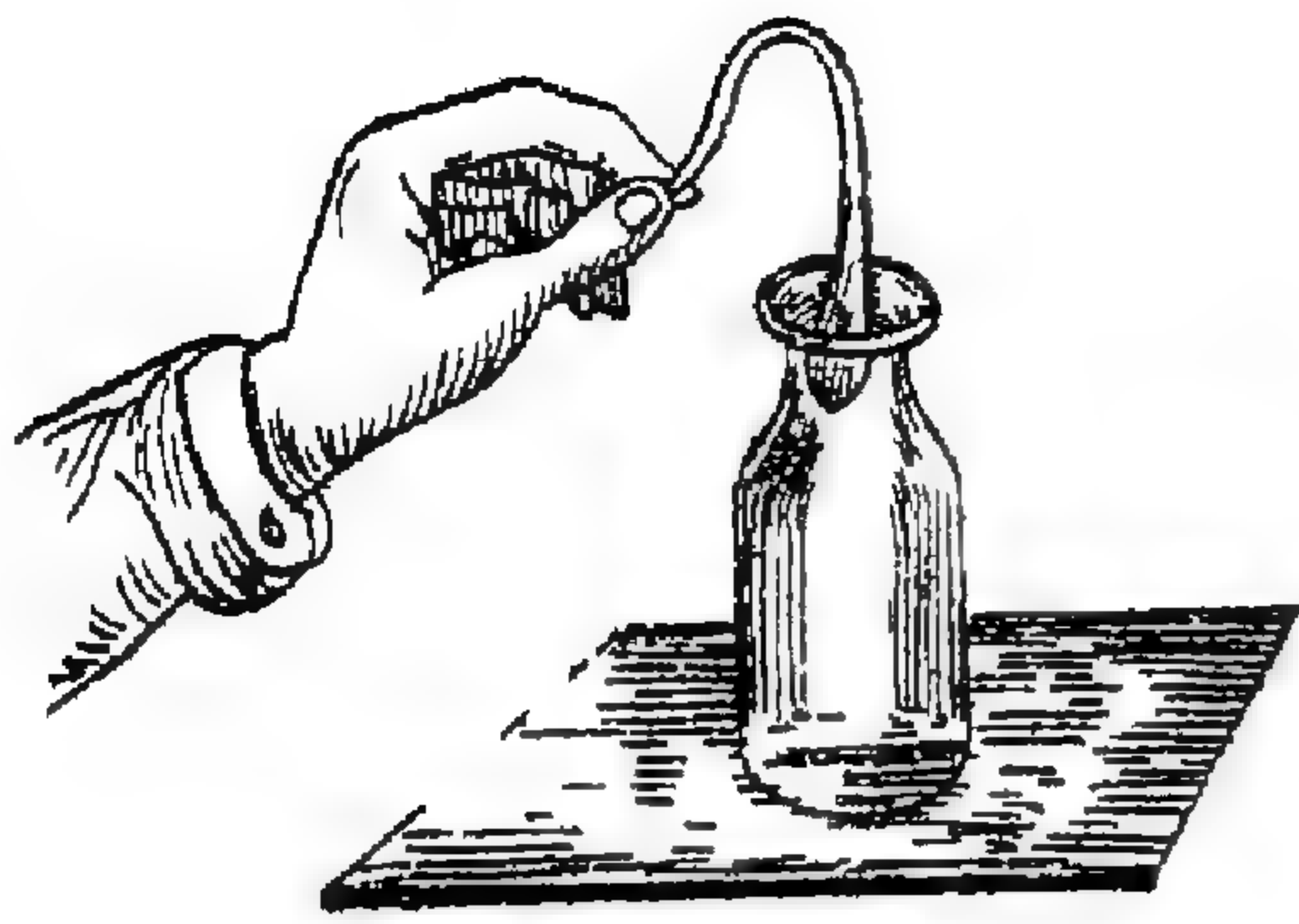
وفيزد هب معه اهذ في جهة السهم ولا يصل منه الى ق الا القليل هذ في الجامد واما في السائل فاذا املت الانبوبة المنحنية ماء ونزعت اسطوانة الرصاص منها وحركت القوة المدك عند وفعلها ينصل الى ف بدون ان ينقص شيء منه.



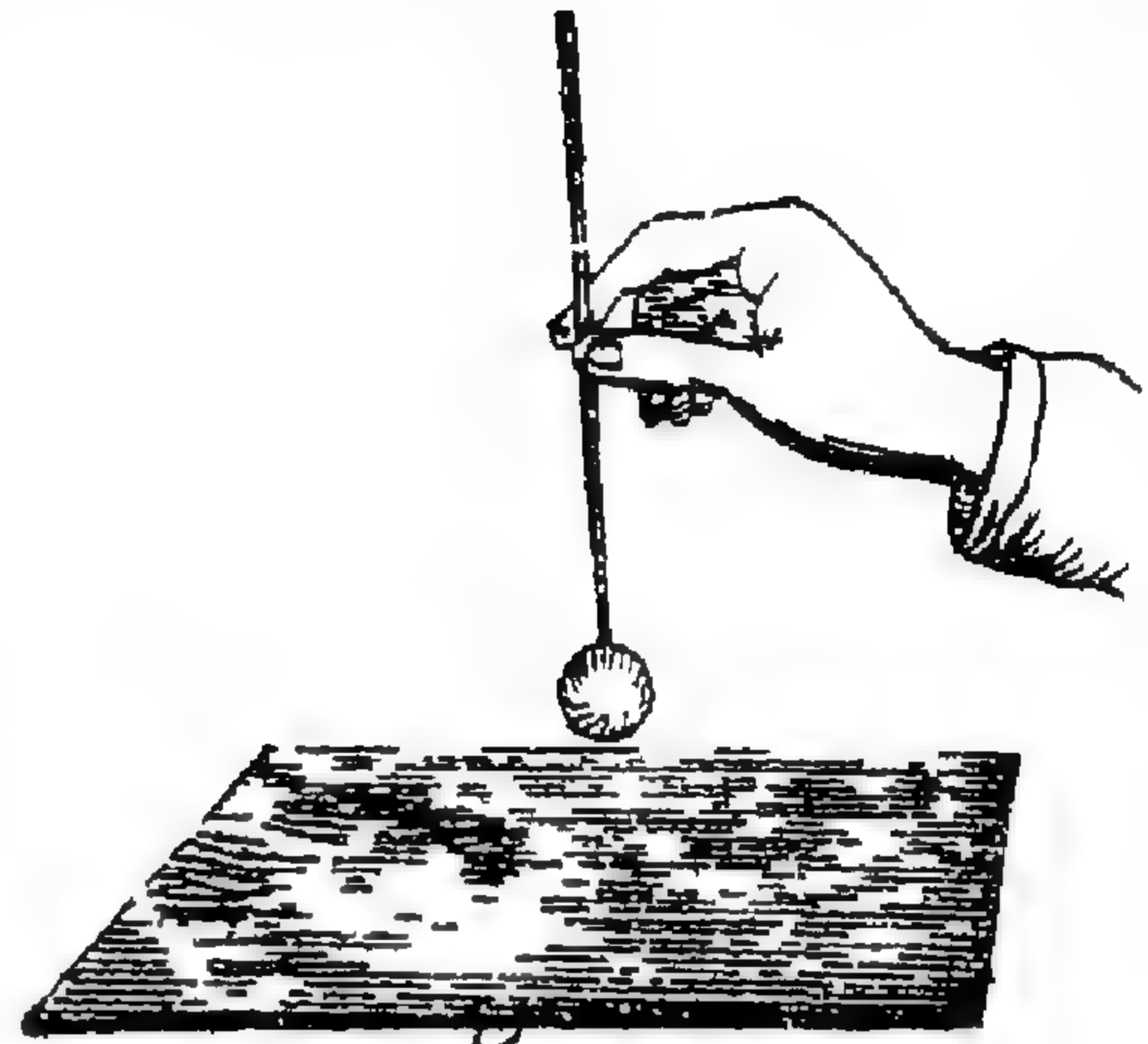
الشكل ١٧

ان البكرة وخيوطها والمحل وغيرهما من الآلات الميكانيكية يفقد فيها نحو نصف القوة بسبب الاحتكاك ولما السائلات فلا ينقص فيها ما يشعربه من القوة وبنيين ذلك جليا مما اذا اخذنا زجاجة ذات بلبوس وانبوبة والشكل ١١٨ وملأناها ماء كما يملأ الثرمومتر على ما سيحج ثم انزلناها من بين الاصابع بحيث يضرب بلبوسها الارض ولا تنكسر فانه يمكن ان تدق حينئذ بقوة عظيمة على سطح مستو و

لا تكسر لان الزجاج يوصل اثر الدق الى الماء الذي فيه والماء لا ينضغط الا قليلا فمهما قويت
الضغط على الزجاج ثاولها المار عنه ووقاه من الكسر وربما جعله صلبا كالحديد وبنيين
ذلك ايضا ما اذا وضعت نقطة روپرت (عدد ٣٣٣) في قنينة ماء (الشكل ٢٩) ثم



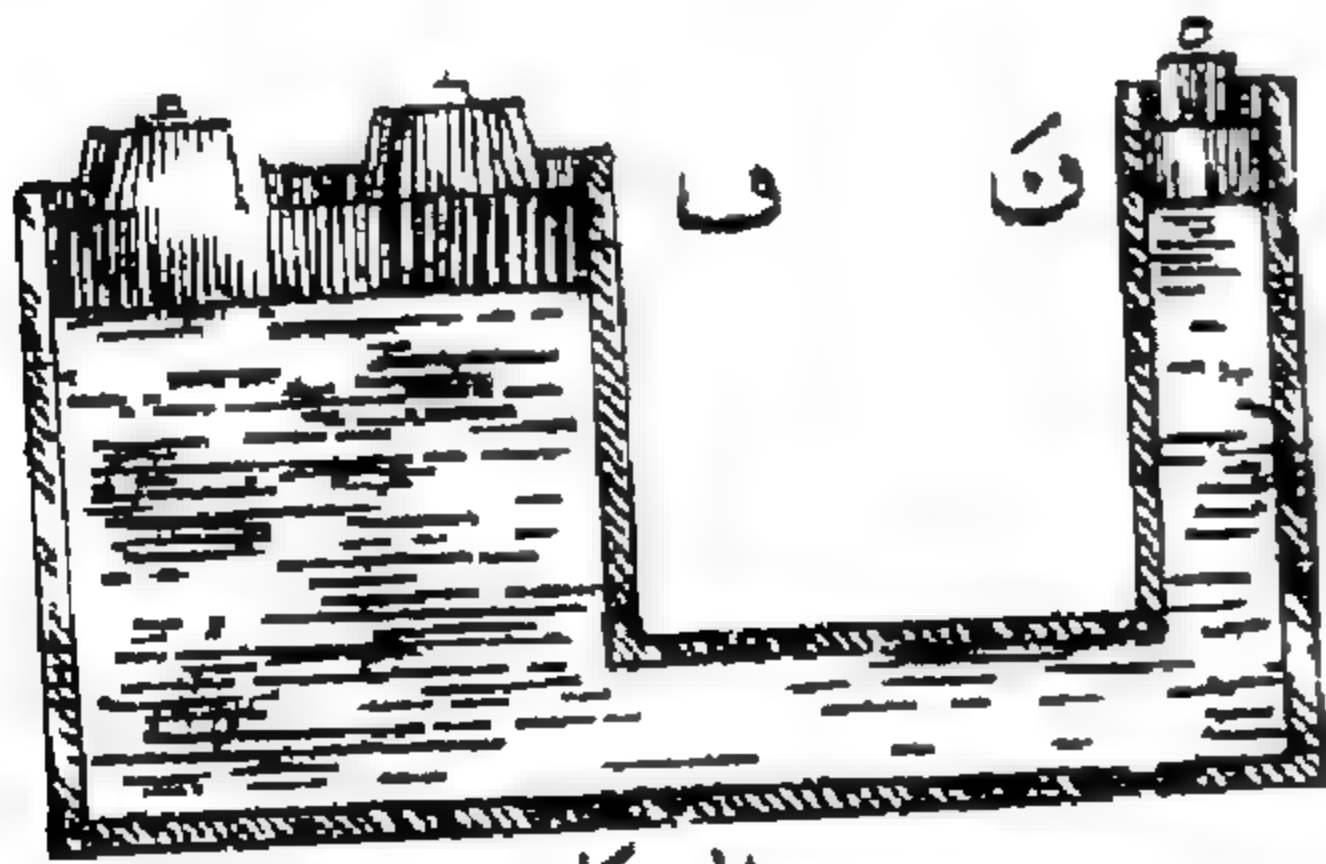
الشكل ٢٩



الشكل ٢٨

كسر جزء صغير من ذنبها فانها تنطأ اربا كما سبق وثقل القوة التي تكسرها بين دقائق
الماء حتى تصل الى كل اجزا، القنينة فتكسرها حالاً.

(١١٤) الماء قوة ميكانيكية. خذ اسطوانتين احدهما رقيقة في
الشكل ١٠، والاخرى دقيقة فوصل بينهما بانبوبة من الاسفل كما في
وادخل في كل منهما مدكا. ولكن مساحة فت قيراطين ومساحة فت ١٠٠

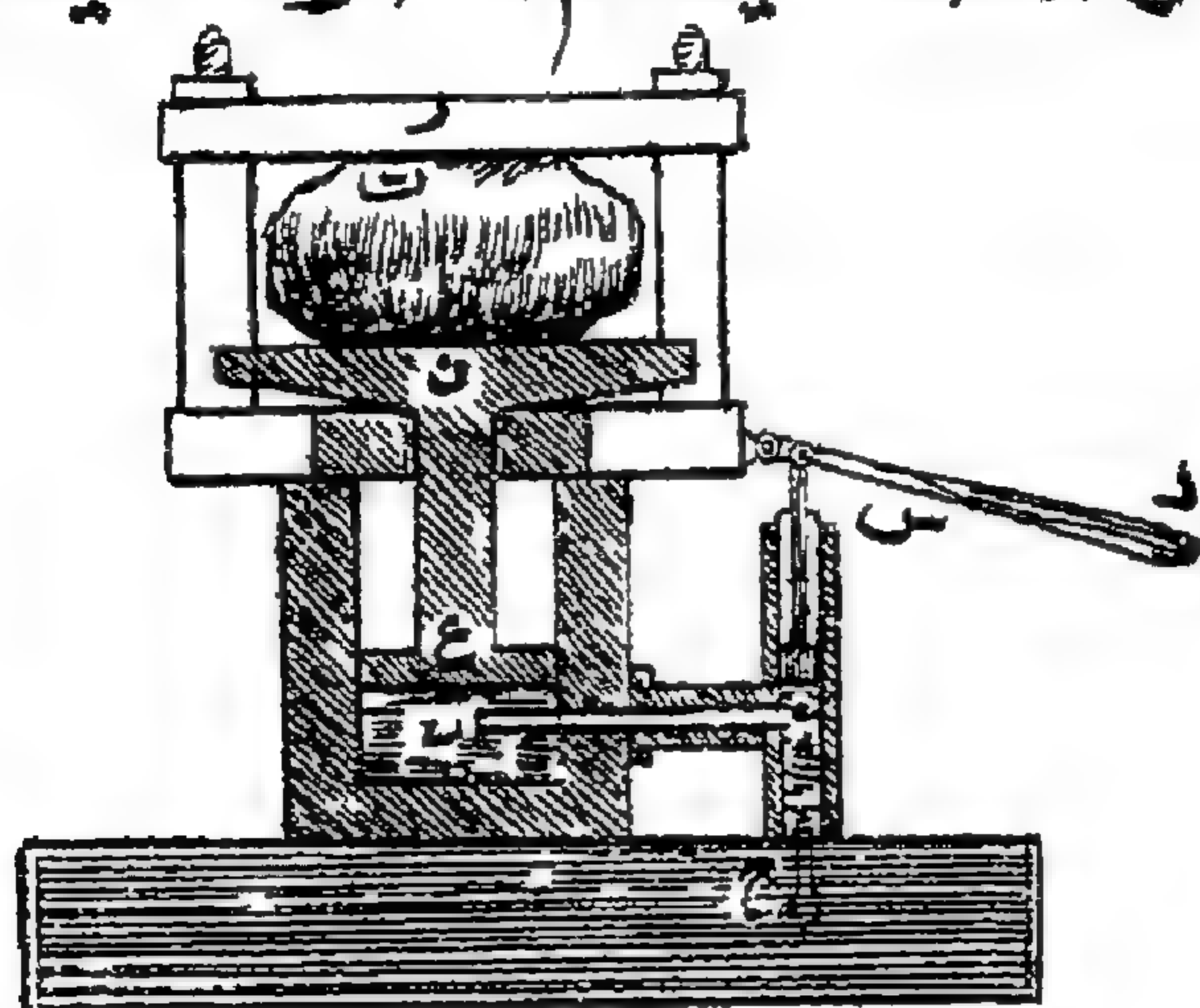


الشكل ١٠

قيراط. فبحسب ناموس باسكال
اعداد ١١٠ اذا ضغطت قوة اوقية
نازلا في قيراط مربع من الضغط
كل قيراط مربع من الانبوبة ف

بقوة اوقية صاعدا ولذلك اذا ضغطت قوة رطلين مدك الاسطوانة
فت دفعت ثقل ١٠٠ رطل على المدك فت. وكلما قل ثخن فت وزاد
ثخن فت ازداد الثقل الذي يرتفع بقوة مفروضة حتى انه يمكن لبنت
صغيرة ان ترفع بثقل كفها بدرجة كبيرة. ولذلك سمو الماء الثقل
من القوات الميكانيكية.

(١١٨) المكبس المائي. المكبس المائي آلة عظيمة الضغط مبنية على
نابوس باسكال وهذا مقطوعها طولاً (الشكل ١١٨) فالخرف الابوية وسر
مدك مدخل فيها ادخالاً محكمًا ومتصل باليد دوح مصراع ينفتح
عند ارتفاع المدك في الابوية وينطبق عند انزاله فيها. وتحت هذا
المصراع حوض ماء. فاذا رفعت اليد يرتفع المدك في الابوية وينفتح
المصراع فيدخل الماء منه اليها. ثم اذا انزلت اليد ينزل المدك



الشكل ١١٨

في الابوية وينطبق المصراع ح على الماء فيجري من تحت المدك الى ك و
يستقر تحت المدك الكبير. ويكر العمل على ما تقدم حتى يعلو الماء
في ك تحت المدك الكبير ويرفع فيرتفع نحو العارضة ر ويضغط الثقل
ت الذي بينه وبينها. فاذا كان هذا الثقل ورقا كبس او زيتونا
او بزر كنان او غيرهما عصر او صوفاً تلبد وهلم جرا. وهذه صورة
الآلة كاملة (الشكل ١١٩) وقد قبض رجل بيدها فاذا شدتها الى
الاعلى ارتفع المدك في الابوية ثم اذا انزلها انطبق المصراع الذي
في اسفل وجري الماء الى الاسطوانة د وسار منها في الابوية الى
الحوض تحت المدك الكبير س وجميع هذا ك حتى يرفع س فيرتفع
هو دافعا العارضة ل ويضغط الاثقال بين ك والعارضة العليام ب



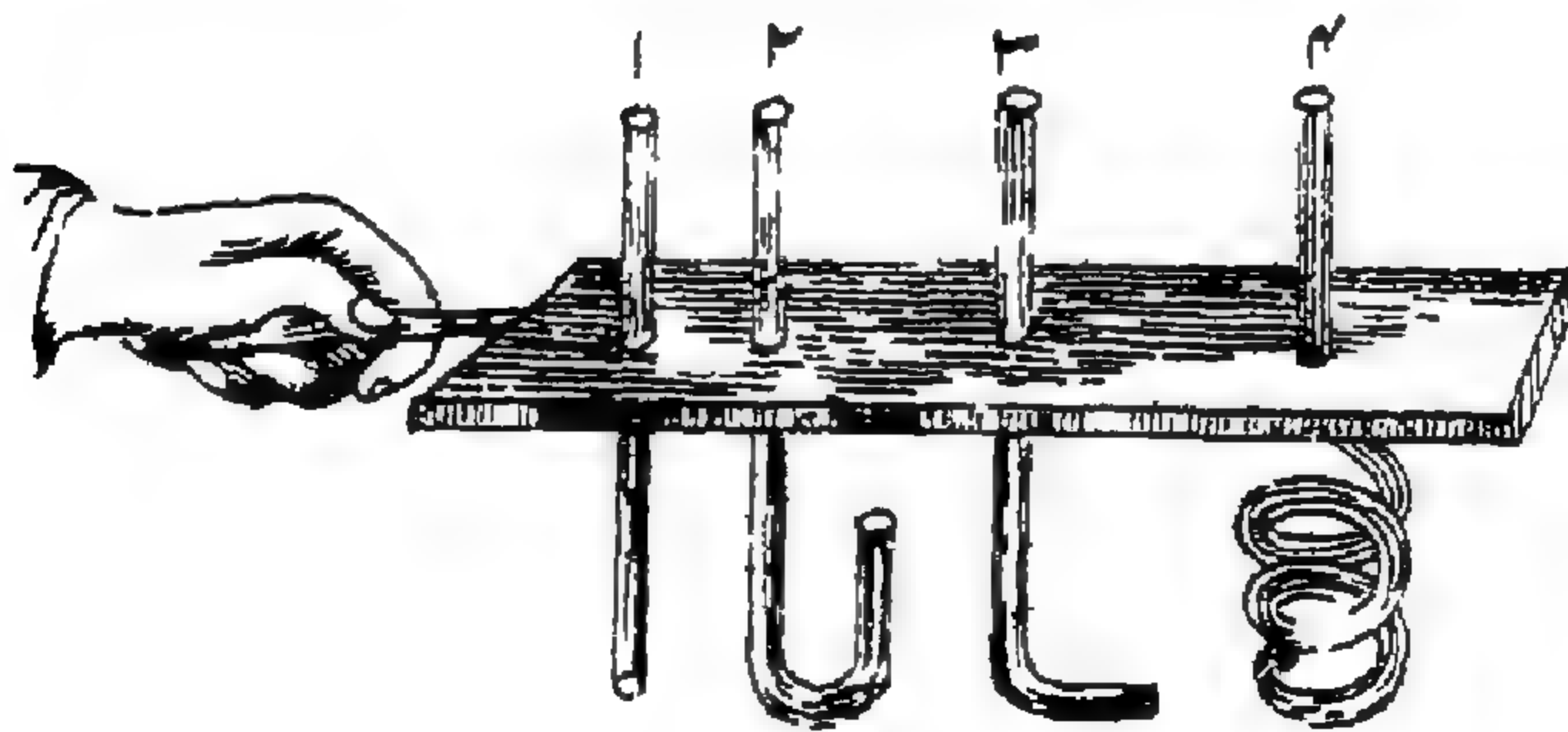
الشكل ٤٢

ونكون قوة ضغط كما يأتي: إذا كانت مساحة المدك أقيراطاً ومساحة س.. أقيوط
فقوة ١٠٠ ارطل ترفع ١٠٠٠ ارطل من الثقل. هذا إذا قطعنا النظر عن اليد وأما
إذا حسبت اليد أيضاً فيزيد الضغط جيداً لأنها تعمل من النوع الثاني. فإن كان بعد
مقبض الرجل (من اليد) عن الدارك ١٠ اصعاف بعد المدك عنه وحول اليد بقوة
١٠٠ ارطل تصير قوة ١٠٠٠ ارطل على المدك أو قوة ١٠٠٠٠ ارطل على المدك الكبير
س ١٠ أي أن الفطار الواحد يرفع مائة ألف فطار والآن بحسب ناموس الميكانيكا
يكون $ق \times د = ث \times ث$ دفما نكسبه من القوة بهذه الآلة نخسره في الوقت
كما في باقي القووات الميكانيكية. ولذلك لا يرفع الثقل إلا ببسب من المسافة التي
تنقل فيها اليد. وقد اخترع هذه الآلة رجل يقال له إبراهيم سنة ١٧٩٦، وهي كبيرة
النفع في كل ما يلزم له قوة عظيمة ككبس الورق والفش، وعصر الشمندر والثفاح
والزيتون، وحذر السفن إلى المياه، وامتحان مائة المدافع وخلايق البخار والرنايا

وما شبهه . قيل ان المكابس التي استعملت في رفع الانابيب في جسر بريطانيا كان كلٌّ منها يرفع ١٠٠ ٣٠ ٢١ أقة وذلك لو استعمل في رفع الماء في الفراغ لرفعه الى علو ستة اميال تقريباً .

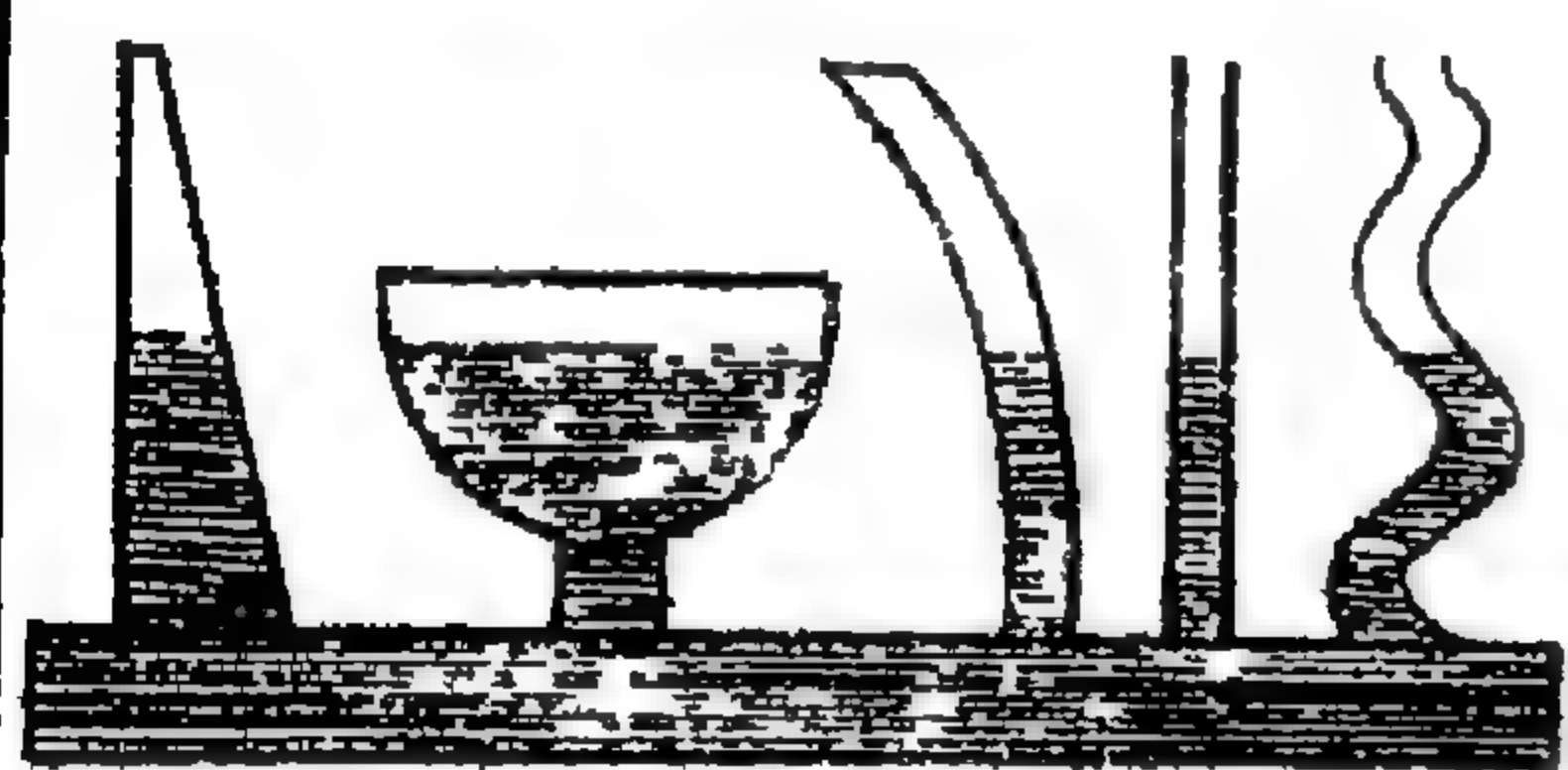
(١١٩) ضغط السائلات بجاذبية الثقل . كان كلامنا في مائتة م مقصوراً على ضغط السائلات من الاجسام الخارجية عنها واما الآن فيكون كلامنا في الضغط الذي يحصل لها من ثقلها هي : لا يخفى ان اسفل الماء تحمل ثقل اعاليه فكل نقطة من الماء الساكن واقعة تحت ضغط عمود من النقط التي عليها وهي ايضا تضغط الى كل الجهات بنفس القوة الضاغطة لها والاثريج من مكانها فيضطرب الماء ولا يسكن حتى يتساوى الضغط بين نقطه . وعلى ذلك قررت النواميس الآتية .

(١٢٠) اولاً كل سائل ساكن يضغط الاسفل والاعلى والجوانب بقوة واحدة وببساطة اذا غطت انابيب مختلفة الاشكال (الشكل ٣) في الماء صعد الماء فيها كلها على السواء الى مساواة سطحه الاصل ويكوز صعوده في الاولى بضغط الى الاعلى وفي الثانية الى الاسفل وفي الثالثة بضغط جانبا وفي الرابع بضغط الى الجهات الثلاث المذكورة معاً .



الشكل ٣

(١٢١) ثانياً. الضغط يزيد بالعمق. فالضغط على عمق قدم يساوي ثقل قدم مكعبة من الماء أعني ١٢٠٠ ليبرا (١٢٠٠ رطل) من الليبرا تساوي رطلاً وعلى عمق قدمين مضاعفت ذلك وهلم جرا هذا في الماء العذب وأما في الماء المالح فيزيد فان ثقل القدم المكعبة منه ١٢٠٠ رطل من الليبرا. ويظهر تأثير هذا الضغط اذا اخذنا زجاجة فارغة مربعة الشكل وسدناها سداً محكمًا ثم غطسناها في الماء فانها تنكسر قبلما تبلغ عشر رباعات من العمق لعظم الضغط عليها. و يقال ان المحوت الكرنيلندي يغوص في الماء احياناً الى عمق ميل فيضع معي يبق رطاً من عظم ضغط الماء له. واذا غرقت سفينة يمد خل الماء بين مسامها لعظم ضغطه لها فتثقل وتغوص في قرار البحر (١٢٢) ثالثاً ان الضغط لا يتوقف على شكل الوعاء ولا على حجمه فاذا اخذنا آنية مختلفة الاشكال وركبناها بعضها مع بعض بحيث



الشكل ٤٢

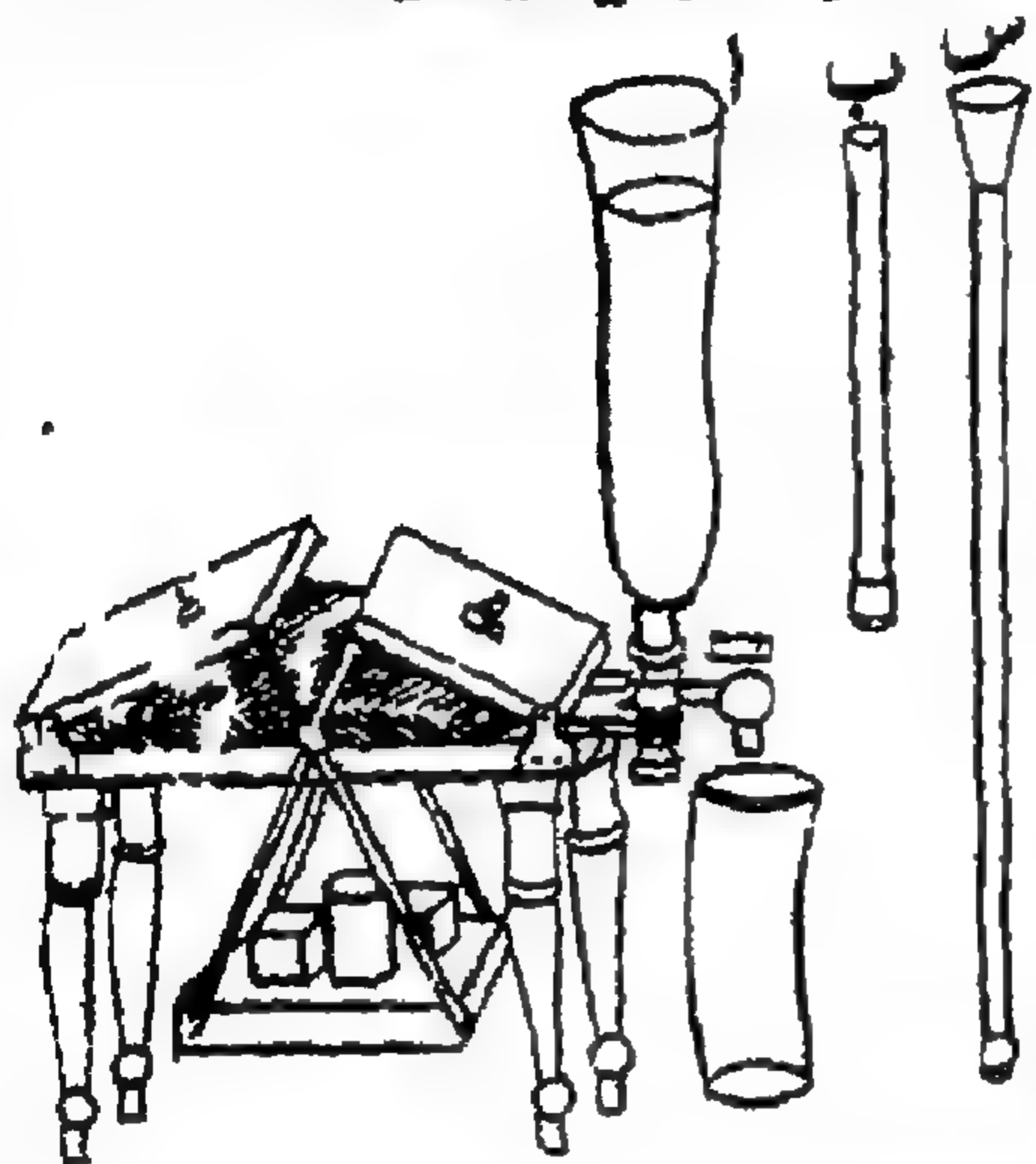
يكون بينها اتصال كما ترى في الشكل ٤٢ فالماء يصعد فيها كلها على الساوي مهما اختلف شكلها وتباين حجمها. وكلما زيد الماء في واحد منها صعد في الكل على الساوي.

وعلى هذا الناموس صنع المنفاخ المائي وهو اشكال منها الشكل ٤٥ وهو مؤلف من خشبتين متصلتين من خافتيهما بكرسى بواسطة مفصلات وتحتما زق من الخيط

(١) على عمق ليبرات في اقدم المربعة وعلى عمق ليبرات في القدم المربعة

١ قدم	٩٢٤٥	١٠٠ قدم	٩٢٥٠
١١ قدم	٩٢٥٠	١ ميل	٣٣٠٠٠
١٢ قدم	١٠٠٠٠	٥ اميال	١٢٥٠٠٠

متصل بالانبوبة . و متصل بالخشبتين خشبة ثالثة تحت الكرسي بقضبان بينهما و
توضع على هذه الخشبة اثنان . ثم يصب الماء من الانبوبة احتى تمتلئ هي والوزن المتصل
بها فينتفخ ويرفع الخشبتين اللتين عليه وهما ترفعان الخشبة التي تحت الكرسي باعليها
من الاثقال ولو كانت هذه الاثقال اعظم كثيرا من ثقل الماء في الانبوبة . ولا
فرق في الانبوبة سواء كانت غليظة ام دقيقة بشرط ان يكون طولها واحدا .



فإذا صب الماء في الانبوبة ب عوضا عن
يرفع الاثقال لضغط كما دفعها اولا . واما
إذا صب في س فيرفعها اكثر من ذلك كثيرا
لان س اطول من ا و ب .

وعما تنضم به صحة هذا التاموس ايضا
اننا اذا ادخلنا انبوبة طولها . س ا و ب قدما

في برميل (الشكل ٤٤) و ملأناها ماء الى راسها الشكل ٤٤

يتشقق البرميل ويجري الماء منه لان ضغط الماء له يساوي ضغط البرميل ملآن
طوله ثلاثون او اربعون قدما . اذا الضغط لا يتوقف على شكل الوعاء . فسواء كانت
الانبوبة دقيقة او غليظة كالبرميل يكون الضغط فيها واحدا

وعلى ذلك قد يفعل الضغط في الطبيعة افعالا عظيمة فاذا وقع
المطر على داس جبل ثم تخال اترتبه ونفذ الى داخله ولم يجد
مصرفا منه تجمع داخله وازداد ضغطه حتى ينفق الجبل فتشقق
صنوبرة وربما ان ذلك الى اصوله .

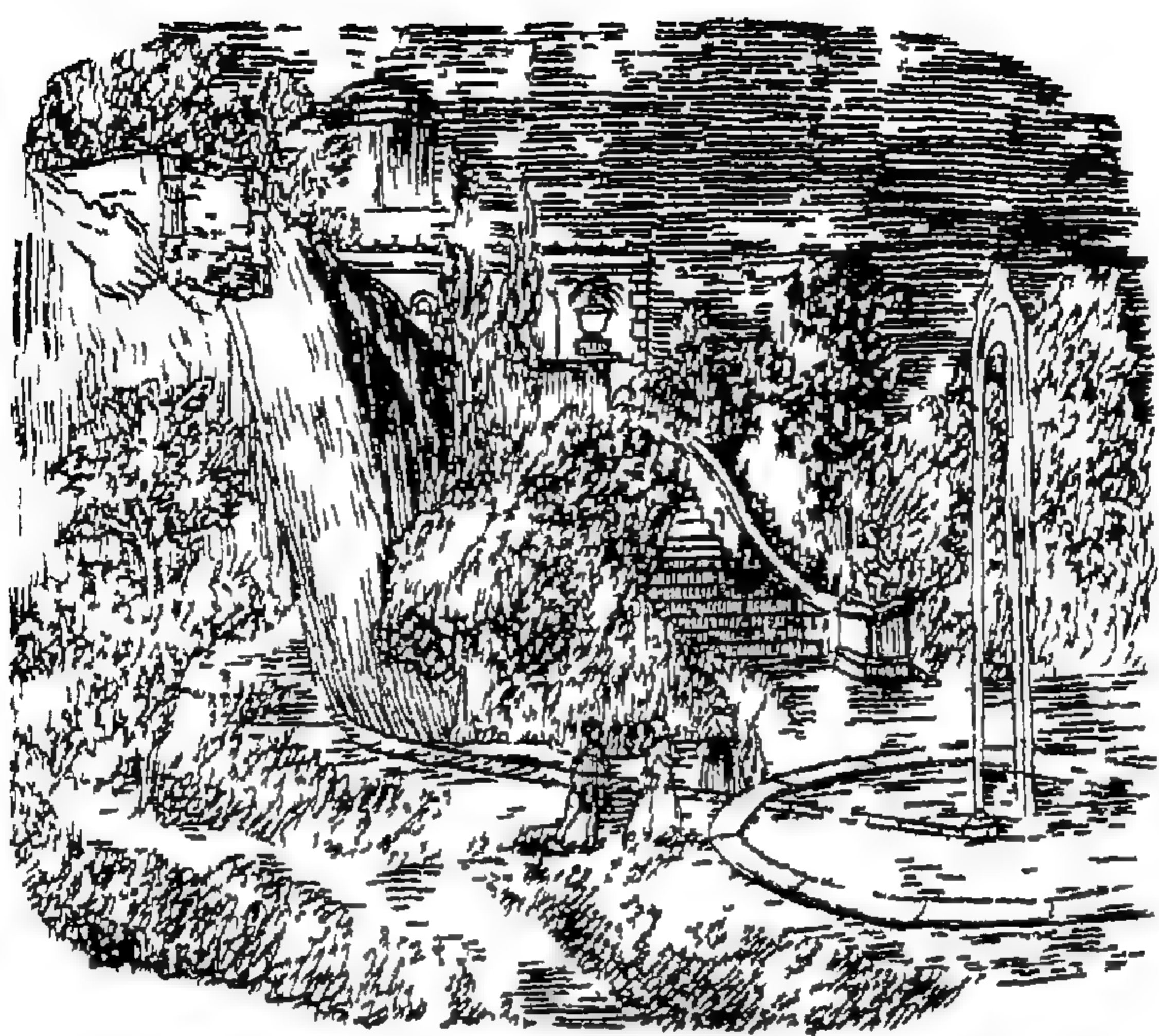


(١٢٣) رابعاً . الماء يطلب المساواة . ونعني بذلك

ان سطحه يكون دائما على استواء واحد اذا لم يمنع

مانع . ويظهر ذلك في العيون والماء الجري ومن الحياض الشكل ٤٥

المرتفعة الى المدان فانه يرتفع حيثما يتسرب له حتى يكاد يبلغ مساواة مائه



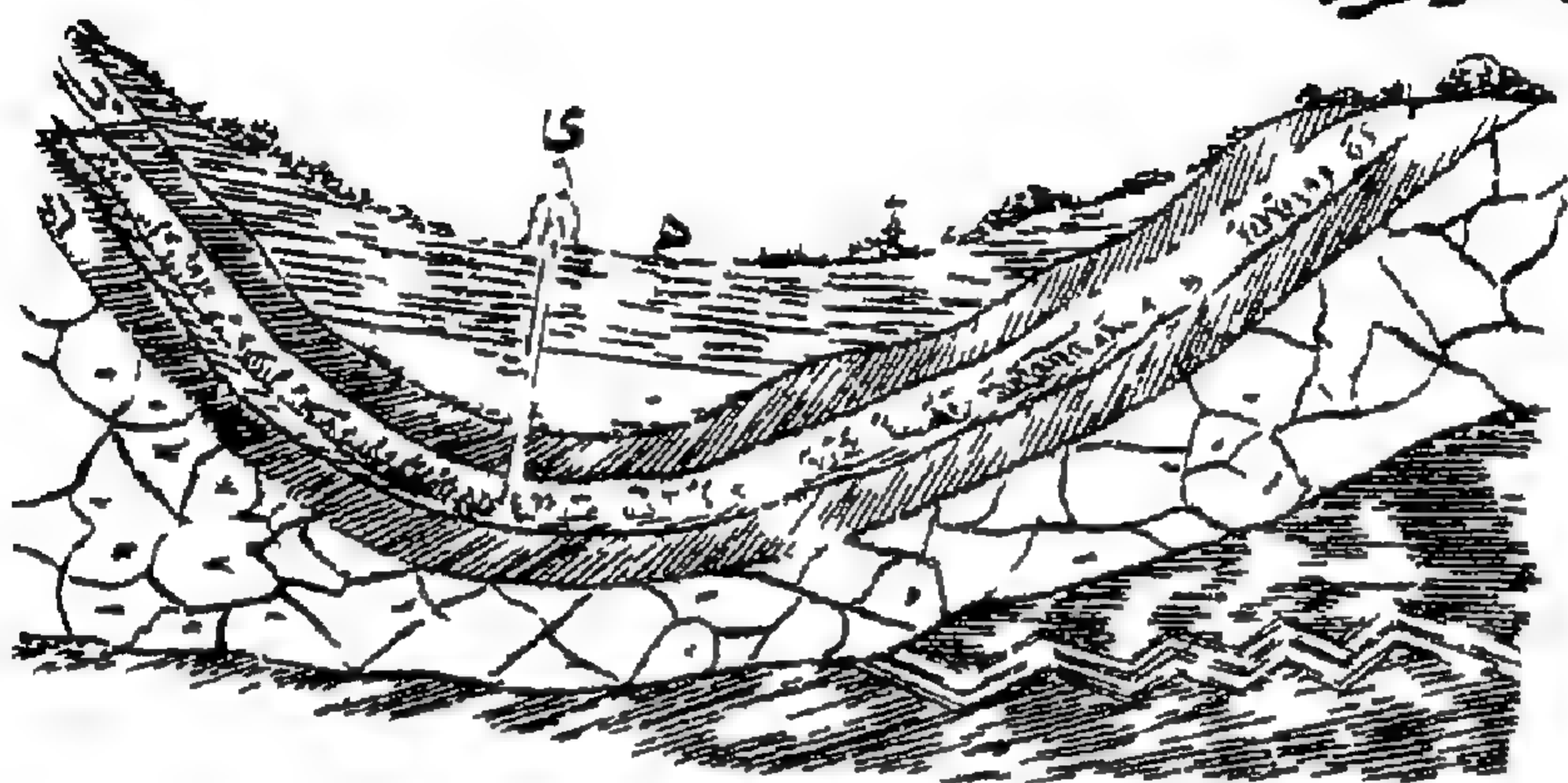
الشكل ٤٤

تري صورة الخوض على راس تل عن اليسار وقد جرى الماء منه في
انا بيب تحت الارض الى النوفرة حيث صعد حتى صار على مساواة
سطح الماء في الخوض الا قليلا. والسبب في عدم باوغة سطح الماء في
الخوض تماقا هو ان الاحتكاك يصداه وهو واش من فم النوفرة فيبقى
زخمه والهواء لقاومه ونقطه العاليه تقع على اسقط الواطئة فيقل
ارتفاعه بذلك .

قيل ان الرومانيين كانوا يجهلون هذا الناموس لانهم كانوا اذا ارادوا
جرا الماء من مكان الى آخر يصنعون له اقنية من الحجر طول بعضها مائة ميل وينت
لها القناطر العالية ليحجزوها فوق الاودية او يخرقون لها الجبال كما في القناطر
المعروفة بقناطر بيدة على نهري بيروت والسرداب الذي عجا بنها. وذلك لانه في
نفقة ومشقة لا يمتثلها من يعرف هذا الناموس بل يمد الاقنية الى اسافل الاودية
وقم الجبال كما يفعل سهند سو هذه الايام . وربما علم المنقدمون هذا الناموس
ولكنهم حملوا عمل الانا بيب المتينة التي تحمل ضغط الماء ولا تنشق فاضطروا

الى فعل ما فعلوا .

وعلى هذا الناموس يتجمع الماء في الينابيع والآبار، فان جاذبية الثقل تحدّر ماء المطر من الأماكن المرتفعة الى أماكن اوطأ منها فيجري بعضه في الانهار والجداول ويصب في البحر ويغور البعض الآخر في الأرض متشعبا في باطنها كما يتشعب على سطحها فاذا حفرت الأرض عند هذه الشعب صعد الماء منها الى البئر والعين كما يصعد في النوفرة .



الشكل ٨

(١٣٧) الآبار الارتوازية : الآبار الارتوازية تقع في الأرض تثقبها آلة شبيهة باللولب قطرها غير اطن او ثلثة حتى تصل الى نبع . وسميت ارتوازية نسبة الى ولاية ارتوا حيث حثرت منذ زمان ولكنها كانت معروفة عند المصريين ^{المصريين} قبل ذلك بزمان طويل . ثم لا يخفى ان تربة الأرض لما تخلخلت كالرمل والحصى فينفذها الماء . واما ما سكنه كالذغالان فلا ينفذها الماء فلنفرض اب وس وفي الشكل ٨ طبقتين منيئيين من التربة الذغانية ولك بينهما طبقة من الرمل والحصى و نحوها فبعد ما يقع المطر على قمم الجبال يتخلل الأرض ويتجمع في حضيض الطبقة الغائرة من د . فاذا حفرت بئر عند ه فلا تبلغ الطبقة المختلطة حتى يلب الماء صاعدا فيها الى مساواة مصدره وكثيرا ما يشب من الأرض كالوفاة لعظم الضغط على قعر من الجانبين . من أشهر هذه الآبار بئر في كرانل قرب باريس عمقها ٨٠٠ قدم ^{نعم} وهي محفورة في غور طبقة من الطباشير تمتد اميا لاكتيرة من باديس ونصبت

..... اجالون من الماء يومياً. ومنها في شيكاغو بالولايات المتحدة ما عصفه
 ٤٠٠ قدم ويصب ١٢٥٠٠٠٠ اجالون من الماء البارد يومياً. ومنها بالبحر حفر تحل بها
 في مدينة يست يا البحر عصفها ٣٤٠٠ قدم وهي اعنى بئر في الارض وكانت تصب
 ٤٥٠٠٠ اجالون من الماء الحار يومياً لما كان عصفها ٣٣٠٠ قدم فقط وقد حفرها
 ابارا منها في صحراء افريقية واخرجوا ماء وغرسوا غيطاً من النخل وحدائق
 ويساتين ولم يزلوا الى اليوم يوغلون في الصحراء ويستخرجون ماء من حيث لا يؤمل الماء
 (١٢٥) قاعدتان لحساب الضغط - القاعدة الاولى لمعرفة
 الضغط على قعر الوعاء. وهي اضرب مساحة قاعدة الوعاء في
 ارتفاع العمودى ثم اضرب الحاصل في ثقل قدم مكعبة من
 السائل الذى فيه فلك ضغطه على القعر. والثانية لمعرفة الضغط
 لجانب الوعاء وهي. اضرب مساحة الجانب في نصف ارتفاع
 العمودى ثم اضرب الحاصل في ثقل قدم مكعبة من السائل الذى
 في الوعاء فلك ضغطه لذلك الجانب ويحصل ما تنقله من ضغط
 الماء لقعر وعاء مكعب الشكل يساوى ثقله وضغطه لكل جانب
 من جوانبه يساوى نصف ثقله. فضغطه لجوانبه الاربعه معاف
 ثقله وكل ضغطه للقعر والجوانب الاربعه ثلاثة اضعاف ثقله
 (١٢٦) الفادن المائى - سطح الماء الساكن مستو اى انه اذا



عُلّق حجر بخيط ودُلّي اليه يقع عمودياً عليه . ولكنه لا يحسب مستوياً إلا إذا كان في بقع صغيرة فاذا اشغل بقعاً متسعة كماء البحر والبحيرات العظيمة (الشكل ٤٩) تحذب كتحذب سطح الأرض لان سطح الأرض كروي والماء يوافقه في التحذب بسهولة حركة



الشكل ٤٩

دقائقه بعضها على بعض وجذب به بجاذبية الثقل نحو مركز الأرض ومقدار هذا التحذب ٨ قراريط في ميل واحد و $8 \times 2 = 16$ قراريط في ميلين و $8 \times 3 = 24$ في ثلاثة أميال و $8 \times 4 = 32$ في أربعة أميال وهلم جرا بترقية عدد الأميال الى القوة المائلة وضرب بعد ذلك في ٨ كما يبرهن في الهندسة

والفادن المائي انبوبة معدنية ذات طرفين ملتويين في كل منهما انبوبة من الزجاج . وهو كثير الاستعمال في فتح طرق العربات والسكن الحديدية والتزع ونحوها لمعرفة ارتفاع مكان عن آخر . وذلك بان توضع الانبوبة المذكورة على قرص مستو له ثلاث قوائم (الشكل ٨٠) ويصب الماء فيها حتى يرتفع الى جانبها ويسكن فيها على استواء واحد . ثم ينظر رجل من عند مساواة الماء في الجانبين الى بقعة في علم عمودى يحمله رجل آخر قرب الله ويعين ارتفاع المكان الواقف عليه صاحب العلم . ثم ينتقل صاحب العلم الى المكان الاخر ويرفع العلم او يوطئه حتى تقع تلك البقعة تحت نظر صاحب الفادن ويعين ارتفاع المكان الثاني فيعرف الفرق بينه وبين ارتفاع الاول



الشكل ٨١

(١٢٤) الفادن الكحولى - هو عبارة عن انبوبة من الزجاج قليلة التحدب جداً تمتلئ بكحولا لا بقعة صغيرة منها تشغلها فاقعة من الهواء وتوضع في علب من الخشب او غيره (الشكل ٨١) فاذا كان السطح الذى يوضع عليه هذا الفادن مستويا ثبتت الفاقعة في وسط الانبوبة والامالت الى المحل المرتفع منه فيعرف منها استواء ذلك السطح او عدم استوائه - وهذا الفادن اذق من الفادن المائى في دلالة وضبطه ويستعمل عند النجارين والبتائين والمهندسين ولا سيما عند علماء الفلك في ضبط الآلات الفلكية

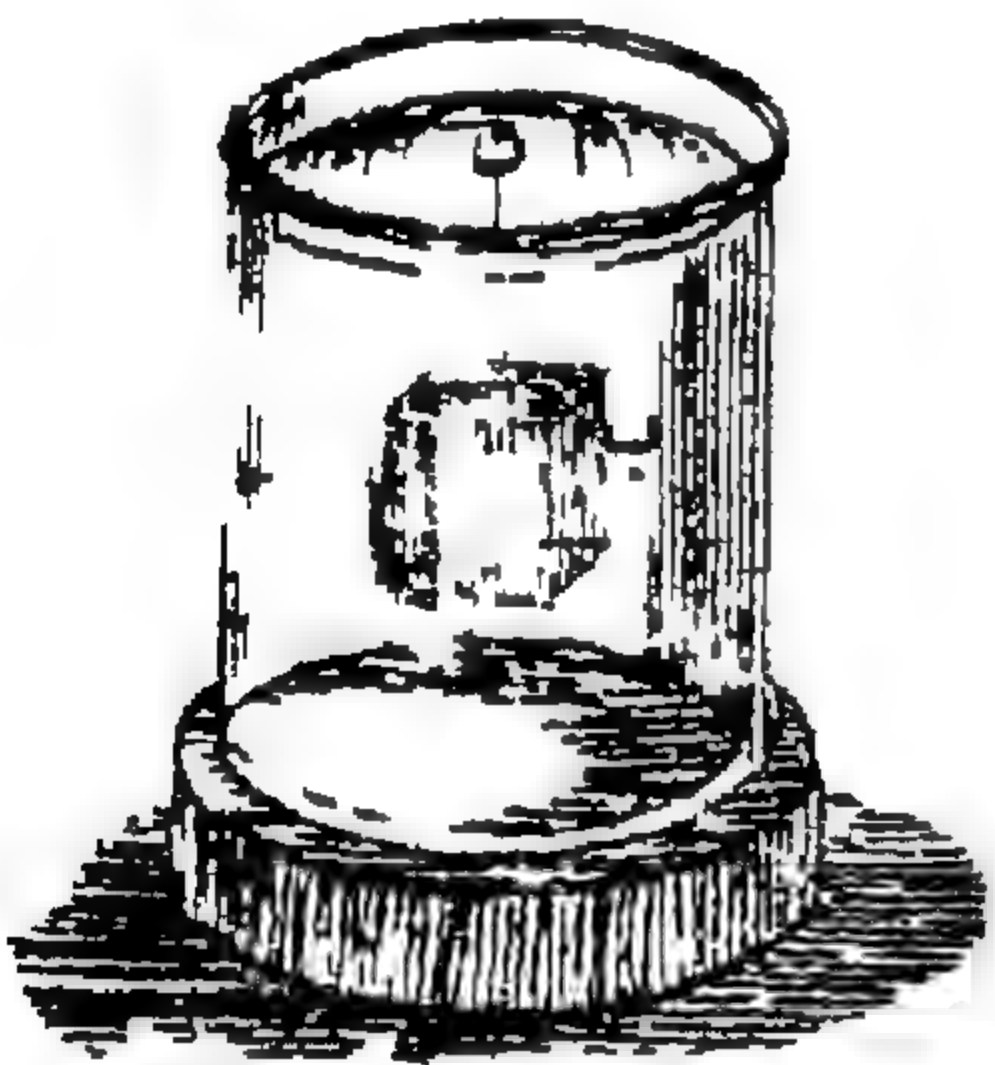
(١٢٨) الثقل النوعى هو ثقل جسم بالنظر الى ثقل جسم اخر من حجمه ولكن من غير مادته . فلو كانت كل الاجسام من ثقل واحد لكان ثقلها النوعى واحداً ولكنها متفاوتة في الثقل لو كانت متساوية في الحجم . فالذهب مثلاً اثقل من الخشب والفضة من الصوف لانهما اكد من الخشب والصوف فيكون الثقل النوعى مجرد معرفة كثافة الاجسام . ولما كان الثقل النوعى لجسم لا يعرف الا من مقابلته بجسم اخر اتفقوا لاسباب شتى على جعل الماء المقطر (قياساً للجوامد والسوائل والهواء قياساً للغازات . فاذا

(١) ان قيراطاً مكعباً من الماء المقطريون ٢٥٢٠٢٥٤ من المقحة على ٦٢

فانفبت من الحرارة ٣٠ قيراطاً من البارومتر

فلنا ان القيراط المكعب من التوتيا يزن سبعة امثال ما يزن القيراط المكعب من الماء كان ثقل التوتيا النوعي سبعة وثقل الماء النوعي واحداً. وكذلك اذا كان القيراط المكعب من الجا مض الكربونيك يزن ٥٢٠ صما يزن القيراط المكعب من الهواء ثقله النوعي ٥٢٠ او ثقل الهواء النوعي او يحسب الثقل النوعي للماء وللحواء واحداً ابداً. ويستعمل الثقل النوعي للجوامد والسوائل بطرق ثلاث نذكرها بعد الكلام على قوة السوائل على حمل الاجسام

(١٢٩) قوة السوائل على حمل الاجسام يتفهم المراد بذلك من النظر الى الشكل ٨٢ حيث تترى الجسم المكعب



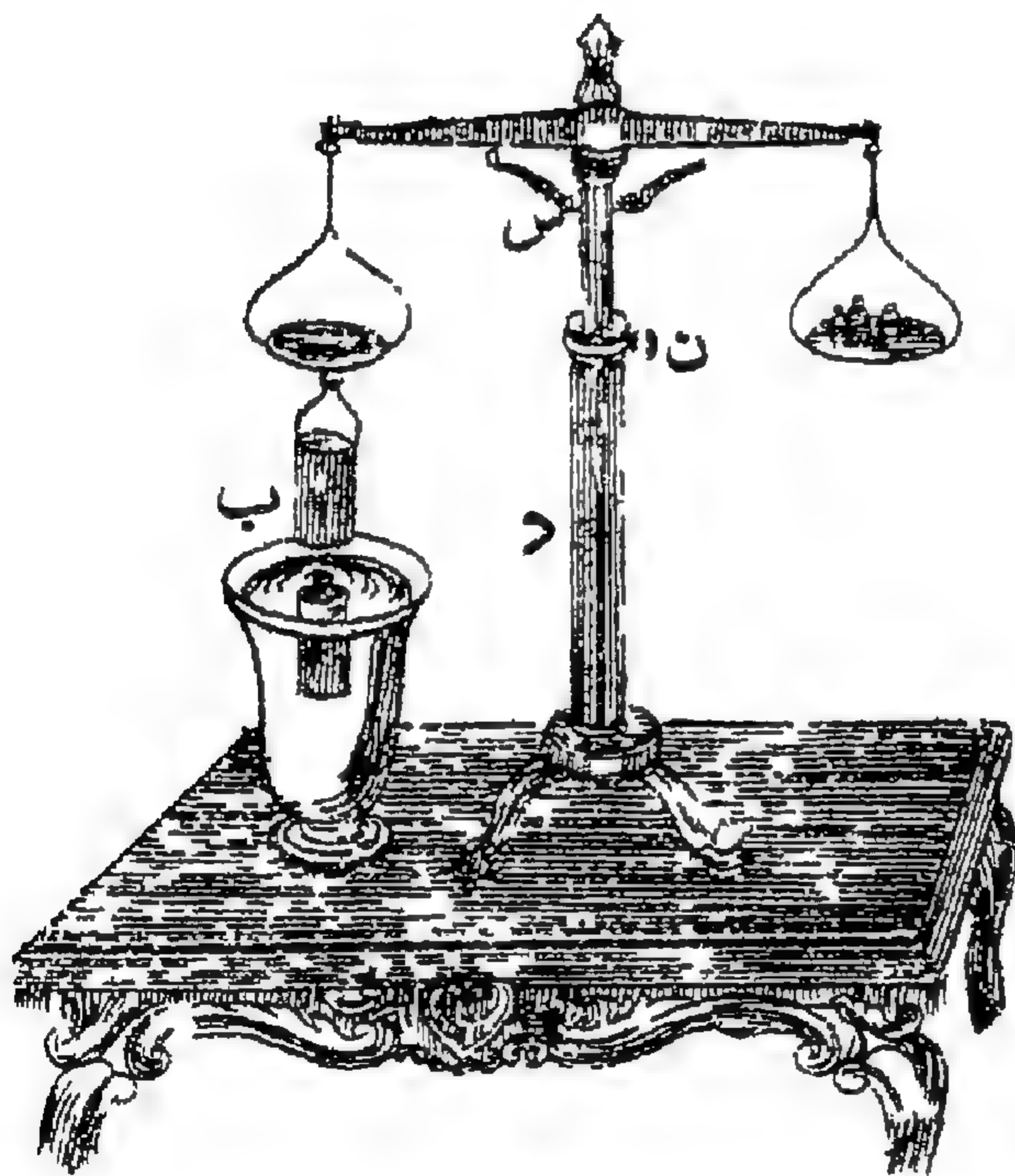
الشكل ٨٢

الشكل اب س د المفروض ثقله النوعي كالماء مغطساً فيه فالضغط على جانبه يساوي الضغط على لان كلا الجانبين على عمق واحد لذلك لا يميل المكعب نحو جانب من الوعاء اكثر من ميله نحو الجانب الاخر

واما الضغط على قاعدته س فاعظم من الضغط على د لان س اعظم من د فالضغط على س يرفعه والضغط على د يخرقه ولكن قوة الرفع اعظم من قوة التغريق فيرتفع المكعب بحمل الماء له و يطلب ان يطفو على وجهه

(١٣٠) ناموس قوة الحمل اكتشف ناموسها الفيلسوف ارخميدس وهو هذا: ان قوة السائل على حمل جسم تساوي ثقل ما يحل الجسم محله من ذلك السائل. فضغط الماء للسطح

(الشكل ٨٢) الذي به يغرق المكعب يساوي ثقل عمود من الماء مساحة دائرته مثل أعلى المكعب وعلوه بقدر n وضغط الماء للسطح s الذي به يرتفع الجسم يساوي ثقل عمود من الماء مساحة دائرته مثل مساحة العمود الأول وأما علوه فبقدر s ن فقط والفرق بين s و n هو قوة الماء على حمل المكعب فتكون هذه القوة مساوية لكمية من الماء على قدر المكعب طبقا للناسوس المتقدم ذكره



الشكل ٨٣

و يتضمّن ذلك مما يعرف بالميزان الهيدروستاتيكي (الشكل ٨٣) بأن يُعلّق باحدى كفتيه وعاء اسطوانى الشكل ب يسع جسماً آخر من شكله او يعلّق ابالوعاء ب حتى يتدلى في وعاء فارغ من الزجاج ويغيّر كذلك بعيارات توازنه في الكفة الاخرى من الميزان كما ترى. ثم يصب ماء في وعاء

الزجاج فيحمل الماء الجسم بقوة على الحمل فينقص وزن هذه الكفة عن وزن التي فيها العيارات فتخرج هذه وتوقع تلك (١)

هذا وكل من يتحرك في الماء يعلم ان جسده يخف والحركة تسهل عليه فيمشي على الصخور الكثيرة النحاسيب ولا تحن ش قد ماء ولو مشي عليها خارج الماء لتمتمتا قهتماً. وما ذلك الا لانه يخف عند نزوله في الماء بقدر ثقل الماء الذي حل هو محله واما في الهواء فيكون ثقله عظيماً فتثقل وطأته

(١٣١) السباحة - السهل يعوم في الماء لوجود زرق ممتلئ هواء تحت فقراته ينضغط ويتمدد بإرادة السمكة فاذا اضططته فصغر ثقلت وغاصت واذا مددته فكبر خفت وعامت. والانسان يعوم لان جسده اخف من مقدار يساويه من الماء ولا سيما ماء البحر لانه اثقل من الماء العذب. واذا قيل ان كان الانسان يعوم فلماذا يغرق من لا يحسن السباحة. قلنا ان راس الانسان اثقل من اجزائه السفلى وتوضع في الماء وحده لغاص فيه ولذلك يكون من شأنه الغوص ما دام متصلاً بالجسد. فالذين لا يحسنون السباحة يغرقون لانهم لا يستطيعون رفع رؤسهم فوق الماء ولا يأمنون الغرق حتى يتعلموا ذلك. ولو ان جاهل السباحة بتأني ويقلب على ظهره في الماء بحيث لا يمتنع عن التنفس (١) يحكي ان هيرودا طاعية ملك سرقوسة اعطى صائغاً مقدراً من الذهب الخالص

ليصوغه تاجاً لنفسه الالهة. فلما صنع التاج وزنه الملك فوجد ثقله ثقل لان ذهب الذي سلمه للصائغ ولكنه ارتاب بالصائغ من ان يكون قد غشه بالفضة ولم يشا ان يحكه بحماله واتقان صناعته فغرض امتحانه الى الفيلسوف ارخميدس وطلب منه ان لا يغير فيه شيئاً. ففكر ارخميدس في ذلك طويلاً ولم يفتح عليه الى ان كان ذات يوم يستحم في مغس فظن الى سهولة الحركة في الماء وعسرها في الهواء واهتدى من ذلك الى الناصوس المذكور انفا فرتب من المغس وهرزل نحو منزله فوجد ذهباً وهو يصفق بيديه في الازقة ويقول باليونانية $\epsilon\mu\pi\sigma\tau\epsilon\iota\tau\epsilon$ اي وجدتها ثم امتحن التاج فوجد ه مفسوشاً

لا من الغرق مهلة ما ياتي من تنجيه . ولكنه لا شتداد ان تخطر يحاول الخلاص فيرفع ذراعيه ويخبط في الماء خبطا شديدا فيقرب بذلك زمان غرقه لان ثقل بدنّه يزداد برفع ذراعيه فكان ذراعيه تعينان راسه على تغريقه . واما ذوات الاربع فالراس فيها اخف من الاسافل ولذلك تسبح بلا علم ولا مزاوله . ولا يخفى ان العوم اسهل على السمان ما هو على الخفاف لانهم يحملون حمل مقدار اكبر من الماء . ولذلك يعوم الانسان بربط قرع جاف على ظهره او بالتمسك بشئ من القلدين على حقويه لانه يحمل حمل مقدار من الماء اثقل منه . واعلم ان من الطيور ما تسهل السباحة عليه كالوز والبط والوز العراقي وغيرها لان له على اسافل بدنّه زغباً صغيراً ناعماً كثيفاً لا يخوقه الماء فيحمل حمل مقدار من الماء يساوي ثقله مع انّه لا يغطس من جسمه الا القليل فيعوم

(١٣٢) قلنا (عد ١٣١) ان الجسم يعوم في الماء الملم اكثر مما يعوم في العذب ويتعم ذلك من الشكل ٤ (عد ٣٨) فانه اذا ملئ الوعاء ماء خالوا الى نصفه وضعت فيه بيضة غاصت الى قعره ثم اذا دخل فيه قمع ذو انبوبة تفصل الى قعره وسبب فيه ماء ملح يهبط ماء الملح الى القعر لانه اثقل من العذب وتعم البيضة فيه . وسبب عومها هو انه اذا اب جسم جامد كاللحم في الماء تخلفت دافئته مسام الماء فزادت كثافته وقوته على حمل الاجسام بديون ان تزيد حجمه . ولهن ايتعشر على الانسان ان يغوص في بحيرة لوط ولو قصد ذلك لكان ماءها يطفو عليه كما يطفو الفلّين حتى يمكن ان الانسان يتوسد خشبية وينام عليه كما ينام على فراشه بكثرة ما فيه من اللحم الدائب وعظم كثافته

اذا طوقت حديدية حتى رقت تطفو على وجه الماء لانها تحمل حمل مقدار اثقل منها ولذلك يطفو الكن والدست والسفن الحديدية ولو شئت شئت ثقيلاً حال كون الحصاة الصغيرة تغوص الى القعر . ويكون مركز الثقل في الجسم الطافي في اوطنه تسبب منه . ويتعم ذلك مما حكاه الفيلسوف هرسيل عن رجل

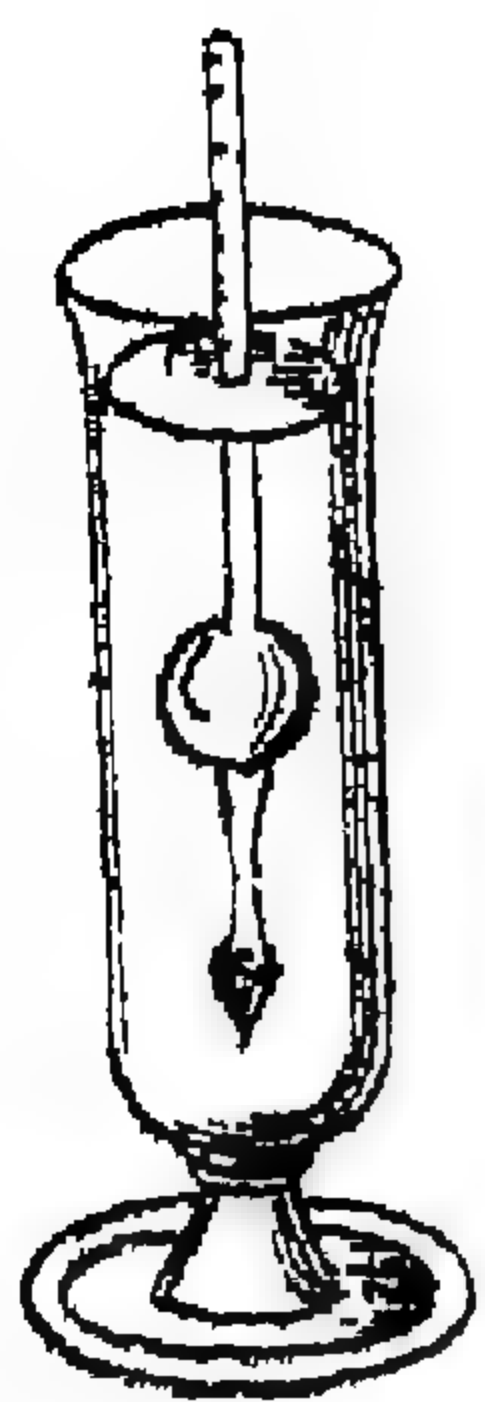
ليس حذائين كبيرين من الغلين وحاول ان يمشي على الماء فانقلب راسه الى
الاسفل ورجلاه الى الاعلى ولم يزل منه الا ساقان تضربان الماء والهواء

(١٣٣) استعلام الثقل النوعي - يستعلم الثقل النوعي للجوامد
والسوائل بثلاث طرق الميزان الهيدر وستاتيك والهيدر ومتر
وزجاجة الثقل النوعي . والعمل فيها كلها مبني على استعلام ثقل
الجسم ثم استعلام ثقل مقدار يساويه من الماء كما ستري -

أولاً لتستعلم الثقل النوعي لجسم جامد بالميزان الهيدر وستاتيك
(الشكل ٨٣) زن الجسم في الهواء ثم زنه في الماء وخذ الفرق بين الوزنين
فهو ثقل مقدار ما يساويه من الماء . واقسم وزنه في الهواء على هذا
الفرق فالخارج ثقله النوعي . مثاله : ان اوقية من الكبريت تصير نصف
اوقية اذا غطست في الماء اي تنقص نصف وزنها فتقلها النوعي ٢
اي انها اثقل من الماء مرتين

ثانياً لتستعلم الثقل النوعي لسائل بزجاجة الثقل النوعي خذ
قنينة تسع ... اقمية من الماء مثلاً فاذا وسعت ٨٣٠ اقمية
حامضاً كبريتياً فتقله النوعي ٨٣٠ على فرض ثقل الماء النوعي
واحد اواذا وسعت ٣٥٠ اقمية من الزئبق فتقله النوعي ٣٥٠

ثالثاً لتستعلم الثقل النوعي لسائل بالهيدر ومتر خذ انبوبة
من الزجاج (الشكل ٨٣) لها في احد طرفيها بلبوس يحتوي زئبقاً
او خردقاً وسدّها من طرفها الآخر واقسمها درجات بخزّات تحزّها
عليها حتى اذا وضعت في الماء المقطر تغرق الى درجة الصفرة اذا
وضعت بعد ذلك في الكحول مثلاً تغرق فيه اكثر مما تغرق في الماء
بقدر ما هو اخف من الماء . ونحسب كل درجة منها جزءاً
من المائة . والهيدر ومتر انواع شتى لتستعمل لمعرفة الثقل النوعي



الشكل ١٢

الحليب والحوامض وأنواع المذوّبات

واعلم ان الثقل النوعي للجوامد والسوائل
يصحّ استعلامه بكلّ من هذه الطرق الثلاث و
لكن لم نستوف تفصيل ذلك لضيق المقام وسهولة
تحصيله على الفطن

(١٣٤) استعلام وزن حجم مفروض من أي مادة

كان + اضرب وزن قدم مكعبة من الماء في الثقل

النوعي لتلك المادة ثم اضرب الحاصل في عدد الاقدام المكعبة في ذلك
الحجم فما كان فهو وزنه . مثاله اذا قيل ما وزن ثلاث اقدام مكعبة من
الفلين قلنا وزن القدم المكعبة من الماء ١٠٠٠ الوقية (الوقية ٨ دراهم) وثقل
الفلين النوعي ٢٢٠ قلنا ١٠٠٠ اق \times ٢٢٠ = ٢٢٠ ق و ٢٢٠

جدول يتضمن الثقل النوعي لبعض الاجسام على فرض الماء واحداً

اسم الجامد	الثقل النوعي	اسم الجامد	الثقل النوعي	اسم الجامد	الثقل النوعي
البلاطين	١٥٠	الفضة	١٠٢٤	الحديد	٤٨٠
الذهب	١٩٢٣	النحاس الاحمر	٨٤٨٠	حديد الصب	١٢٤
الزئبق	١٣٦٠	القصدير	٤٢٩	التوتيا	٤٢٨٤
الرصاص	١١٢٣	الفولاذ	٤٢٨١	الماس	٤٨٥٠

ق \times ٣ (عدد الاقدام المكعبة من الفلين) = ٢٠ ق فاي جواب
٢٠ وقية وهو وزن المقدار المفروض

(١٣٥) استعلام حجم وزن مفروض من أي مادة كان .

اضرب وزن قدم مكعبة من الماء في الثقل النوعي لتلك المادة
واقسم الوزن المفروض على الحاصل فما خرج فهو الحجم محسوباً

التي تكون قد اشتبكت بها. (٣) لماذا انطفئو جثة الغريق على وجه الماء بعد موته. ج لان جسدك ينحل فتتولد فيه غازات خفيفة فيخف ويطفو. (٤) لماذا تكبر فقايع الهواء عند صعودها من قعر جوة ملأته ماء. (٥) عندنا فيبر علوها ١٠ قدماً وعرضها ١٠ اقدام وفي اسفل جانبها باب فكم يكون ضغط الماء على بابها اذا امكنت ماء. (٦) بيد زبد لو ملأنا ماء وبيد عمر د لو اخر مساولة ملأنا ماء ايضاً وفيه سمكة حية قد لواتهما اثقل. (٧) دخل الماء في خرق صخر طوله ٢٥ قدماً وسعة قيراط مربع ثم نفذ الى حوض محصور في باطن الارض مساحة سطحه ٢٠ قدماً مربعة فكم ضغط الماء لما حوله من جوانب الصخر. (٨) لماذا يكون تحريك الحجارة في الماء اسهل منها على اليابسة. (٩) لماذا يسر الخوض في الماء حيث ينرى مجرى او تيار (١٠) لماذا يصنع سد المطنة صغيراً من الاعلى كبيراً من الاسفل. (١١) هل يقتضيه للمهندسين ان ينظروا الى تحديق الارض في حفر الترع ومد السكك الحديدية. ولماذا. (١٢) هل ماء البحر اكد عند القمر منه عند السطح. (١٣) لماذا تتحرك فاعة الهواء في الفادن الزيتية عند اد ارقه. (١٤) هل يتجرى من يسير اذا د اس على الزجاج او نحوه في الماء. (١٥) هل يغوص الحديد في الزيت. (١٦) لماذا انطفئوا الدواية على وجه الحليب. (١٧) اذا غرقت سفينة في البحر قالى اى عمق تصل. (١٨) متى سبى طابته في ثقب عميق ولم يقدر ان يسل اليها فسلأ الثقب ماء فلم تصعد فاصعداها بواسطة اخرى فما هي. (١٩) ايها اقوى على حمل الاجسام الماء ام الزيت. (٢٠) ما وزن اربع ادم مكعبة من الفلين. (٢١) كم درهماً من الحديد تحمل قدم مكعبة من الفلين على الماء. (٢٢) ما هو الثقل النوعى لجسم وزنه ٣٠ قنينة في الهواء و ٢٠ قنينة في الماء وكم هو اثقل من الماء. (٢٣) عند فاد لو ملوء من ماء البحر واخر من الماء العذب فايهما اثقل. (٢٤) وزنت قطعة من صخر في الهواء فكانت ١٢٨ و ٣ القنينة

ثم وُزنت في الماء فكانت ٥٠. ٢٤ القيمة فيما تعلقها النوعي. (٢٤) وزن قطعة من الزبرجد ٢٥ ٢١ من القيمة في الهواء و ٣٣ ١٤ من القيمة في الماء فيما تعلقها النوعي. (٢٤) ما حجم قنطار من الحديد. ومن الذهب. ومن النحاس. (٢٨) ما وزن مكعب من الذهب مساحة كل جانب من جوانبه الستة اربع اقدام. (٢٩) طول حوض ٣ اقدما وعرضه ٤ اقدام وعمقه. اقدم فكم يكون ضغط الماء لكل جانب منه اذا امتلأ (٣٠) لماذا تطفو السمكة الميتة على ظهرها. (٣١) وزن حجم من الماء ٤٢٢ القيمة ووزن اخر مثله من الحامض المورياتيك ٥٠ قيمة فيما الشغل النوعي للحامض المذكور ج ١٤٢. (٣٢) عند ناعاء يسع عشر اواق من الماء فكم يسع من الزئبق. (٣٣) ما حجم حجر وزنه ٨ اوقية في الهواء و ٥ اوقية في الماء. (٣٤) كم يجب ان يكون حجم كرة مجوفة من الحديد وزنها ١١ اواق لتطفو على الماء

الفصل الثاني

في الماء الجاري أو الهيدروليك

(١٣٨) الهيدروليك لفظة مشتقة من اليونانية معناها ماء الانابيب. وهي فن يبحث فيه عن السائلات المتحركة من حيث تغريها من ثقوب وجريها في انابيب واقنية وتوجيهها وما الشبه. ويتخذ الماء فيه نائباً عن البقية كما في الهيدروليك وسنأتيك ونواميس هي نفس نواميس الاجسام الساكنة الا انها لا تصدق عليه عملاً بل نظراً لاسباب شتى ولذلك يجوز فيه على التجارب العملية ولا يلتفت الى النواميس النظرية. اما اسباب الفرق بين النواميس النظرية والعملية فمنها اختلاف حرارة السائلات فان الحرارة تزيد سيولة السائل. وتفاوتها في الصفاء. وتفاوت جاذبية الملاصقة بين دقائقها واحتكاكها على جوانب الاوعية التي تجري منها ومقاومة الهواء لها. وشكل الثقوب التي تتفرغ منها. واختلاف جريها باختلاف هيئة الاماكن التي تجري فيها الى غير ذلك من الاسباب

(١٣٩) سرعة النوفرة - السائل يصعد من النوفرة بسرعة تعدل سرعة جسم يسقط من ارتفاع بقدر ارتفاع السائل الذي في مصدر النوفرة. فاذا ارفع ماء النوفرة عشرة اقدام فسرعته تعدل سرعة حجر يسقط من علو عشرة اقدام وذلك يتضح مما مر (عد ١٢٣) وهوان الماء يصعد في النوفرة الى مساواة سطح ينبوعه وما مر (عد ٢٩) في الاجسام الساعدة وهوان الجسم لا يصعد الى علو مفروض ما لم تكن سرعته بقدر السرعة التي يسقط بها من ذلك العلو. فسرعة النوفرة تتوقف اذا على ارتفاع مصدرها عن ثقيها.

وينبغي ان تصعد كل الساقطات منها بسرعة واحدة فالدليس
والزئبق ينبغي ان يرتفعا منها بقدر ما يرتفع الماء كما ان الرصاصات
والريشة ينبغي ان تصلا الى الارض في وقت واحد اذا سقطتا
من علو واحد (عد ٢٤) ولكن الاسباب التي ذكرناها عدد ١٣٨
تؤثر في الساقطات تأثيرا متفاوتا جدا فيختلف بذلك ارتفاعها
فلا يرتفع الزئبق والماء ارتفاعا واحدا ولو كان مصدرهما متساويين
كما ان الرصاصات والريشة لا تسقطان في وقت واحد بسبب
مقاومة الهواء لهما

(١٢٠) استعلام سرعة الماء الخارج من نوزفة لتعلم
سرعته بالمعادلة الرابعة من معادلات الاجسام الساقطة
وهي $s = ١٦٠٠ \times t^2$ (عد ٢٤) ويراد بالحرف ب هنا انخفاض في النوزفة
عن سطح الماء في الخوض الذي تشتمل الماء منه . مثال ذلك اذا
قيل : كم سرعة نوزفة في سهل اذا ورد الماء اليها من اكهة علوها ١٠٠
قدما . فالجواب يعرف بالتعويض عن ب بالعدد ١٠٠ وعن ج
بالعدد ١٠ وهو عدد الاقدام التي يزل فيها الجسم في الثانية
الاولى بالجاذبية (عد ٢٤) فلنا $s = ١٦٠٠ \times ١٠٠ = ١٦٠٠٠٠$ قدما

(١٢١) استعلام كمية الماء المتفرغة في وقت مفروض
العمل في ذلك ان تضرب مساحة الثقب المتفرغ الماء منه في سرعة الماء
ثم تضرب الحاصل في عدد الثواني او الدقائق او الساعات المفروضة
فلك كمية الماء المتفرغة

. مثال ذلك : اذا نزل ماء المطر عن سطح بيت في انبوبة طولها ١٠ قدما
ومساحة فوهتها نصف قدم مربعة فكم يتفرغ منها من الماء في ١٠ ثوان . الجواب
اذا اخذنا الماء ١٠ قدما فسرعته $s = ١٦٠٠ \times ١٠ = ١٦٠٠٠$ قدما في الثانية . نصربها

في ١٢/١ مساحة الفوهة فالخاص ١٢ قدماً مكعبة وهي كمية الماء المتفرغة في ثانية واحدة. تضربها في ٥ ثوان فالخاص ٨٠ قدماً مكعبة وهي كمية الماء المتفرغة في الوقت المفروض. هذا بحسب التاموس النظري وأما بالعمل فلا يتفرغ أكثر من ٦٢ في المائة فما ذكرنا ٤٩ القدم المكعبة فقط للأسباب المتقدمة أنفاً (عد ١٣٨)

(١٣٢) تأثير الانابيب -- ان الانابيب تؤثر كثيراً في كمية الماء المتفرغة من الوعاء فاذا امتلأ النظر في الماء الخارج من ثقب رأينا أنه يصغر حجماً بعد خروجه من الثقب حتى يصير ٢/٣ ما كان وهو فيه. وسبب ذلك ان الماء يجري في جدار تقاطع بعضها بعضاً وهو خارج من الثقب لانه يخرج من جميع جهاته. فلو أدخل في الثقب انبوبة اطول من قطره بضعفين او ثلاثة لجري الماء ملاصقاً لجدرانها فلا يتقاطع ولا يعيق بعضه بعضاً فتزيد الكمية المتفرغة منه حتى يصير ٨٢ في المئة مما يقتضيه ان يتفرغ بالحساب

ولو أدخل الطرف الواسع من انبوبة مخروطية الشكل في الثقب لصارت الكمية المتفرغة ٩٢ في المئة ولو أدخل فيه الطرف الضيق منها لزادت الكمية المتفرغة ٢٥ في المئة عما اقتضيه ان تكون بالحساب وذلك من الامور المستغربة. والظاهر ان ادخال الانبوبة في الثقب على ما تقدم يسهل المرور على الماء حتى كأنها تجتنبه اجتناباً الى الخارج. واذا جرى الماء في انابيب طويلة او منحنية ابطأ جريه فيها وقلت الكمية المتفرغة منه لسبب احتكاكها عليه. فقد قيل انه اذا جرى على زاوية قائمة في انبوبة تنقص الكمية المتفرغة منه النصف واذا جرى في انبوبة طولها ٢٠٠ قدماً يتفرغ منه نصف ما يتفرغ من انبوبة طولها ٢٠٠ قدماً اي اقصر من تلك ٢٣٠ مرة

(١٣٣) جري الماء في الانهار -- الماء وسائر السوائل لا تجري الا اذا كان مجراها عمودياً على سطح الافق او مائلاً عليه. ولا حاجة

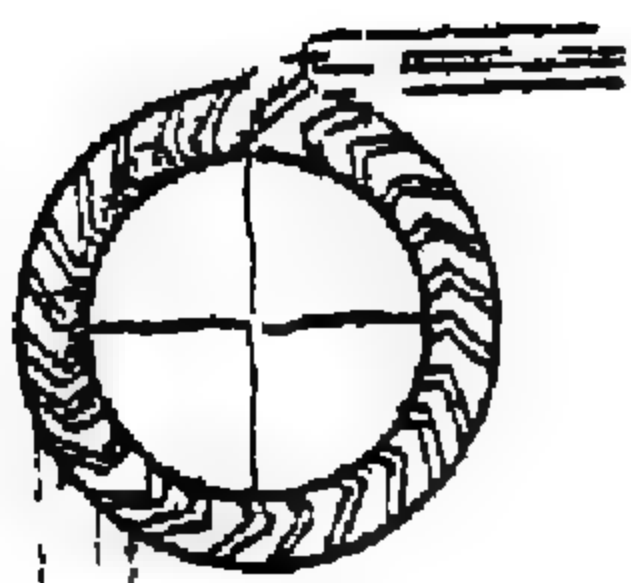
ان يكون الميل عظيمًا فأنها لسهولة تحركه وقاقتها تجري على الأرض ولو كان اتحد أرضها قليلاً جداً . فالأما يجري بسرعة ثلاثة أميال في الساعة على أرض لا تتحد أكثر من ثلاثة أقدام في الميل . فان نهر الكنج لا يتحد إلا ٨٠٠ قدم في مسافة ١٨٠٠ ميل فلا يقطع مأوّه تلك المسافة إلا بعد مضي أكثر من شهر من ابتداء جريه . واذا اتحد سطح الأرض ثلاث أقدام في الميل جرى الماء فيه جرياً عتيقاً كما في سواقي البحال . ويبلغ جريه أشدّه في الوسط . ويسمى عند العامة بالسبلة . ويكون ضعيفاً على القعر والصفين لسبب مقاومة الأرض له

(١٢٢) استعلام معدل سرعة النهر وما ينصب منه - نستعمل سرعته في الوسط وعلى القعر وعند الصفين ويقسم مجموعها على ثلاثة فيخرج لنا معدل سرعته فلو قيل سرعة الماء على جوانب نهر ١٣ أميال وعلى قعره ٢٢ وفي وسطه ٥ فكم سرعته ل قيل $\frac{5 \times 22 \times 13}{3} = 37$ وهي الجواب . وليستعمل معدل ما ينصب منه بضرب عرض جزء منه في معدل عمقه وضرب الحاصل في معدل سرعته

(١٢٥) دواليب الماء - دواليب الماء آلات يستعمل بها الإنسان قوة الماء الجاري لقضاء حاجاته كغراش المطحنة والناعورة وما أشبههما وتجرى على حكم المخل اذا فعلت القوة يساعده الا قصر . وهي على أربعة أنواع الدواب الفوق والدواب التحت والدواب الجانبى والدوائر

(١٢٦) الدواب الفوق - هذا يستعمل اذا كان الماء قليلاً لانه يدور بقليل من الماء وله على محيطه دلاء ينزل اليها الماء من ميزاب كما في الشكل ٨٥ وتضرب هذه الدلاء بحيث تمسك الماء

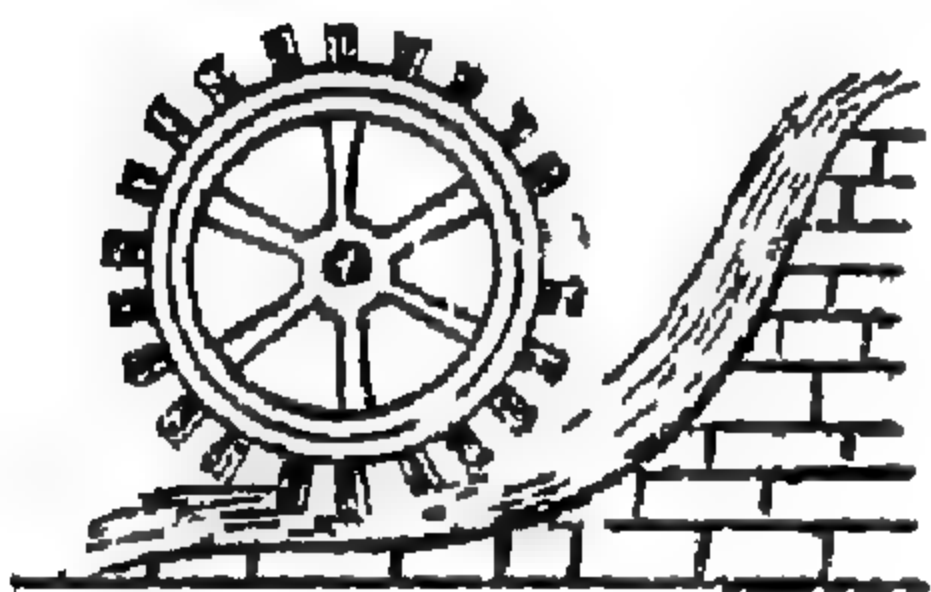
وهي نازلة على الجانب الواحد وتصبه وهي صاعدة على الجانب الآخر. فبذلك يدور الدوكلات لأنه متى امتلأ بعضه بشغل فيهبط فيدير الدوكلات حتى ينصب الماء منه ويصعد فاسرعا اذ يمتلئ غيره من الدوكلات ويدور الدوكلات بثقله ايضا وهلم جرا. فيدور الدوكلات بقوة الماء كما يدور بقوة الانسان وغيره



الشكل ٨٥

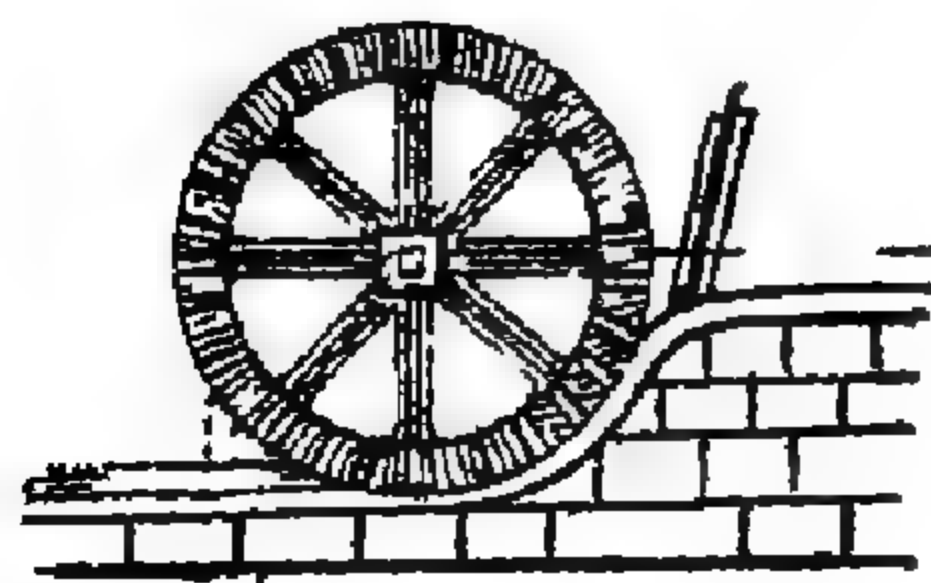
ويكون هذا الدوكلات كبير الحجم ففي الولايات المتحدة دوكلات علوة ٩٠ قد ما فاذا فرض الماء فيه ق والبين الذي ينزل فيه كل دورة ب فقوته = ق ل ب بالحساب ولكنها لا تزيد عن ٨٠ في المئة من ذلك بالعمل

(١٣٤) الدوكلات التحتي. هذا يستعمل حيث الماء كثير ولا يسقط من علو شاهق وليس له دلاء بل عوارض ناتئة من حافته فيصل بها الماء وهو جاري ويديرها بزخمه فيدور الدوكلات معها (الشكل ٨٦) قيل انه لا يستعمل بهذا الدوكلات اكثر من ٢٠ في المئة من قوة الماء



الشكل ٨٦

(١٣٨) الدوكلات الجائش. هذا يتوسط بين الفوقي والتحتي (الشكل ٨٧) فيديره ثقل الماء وزخمه معا وليستعمل حيث الماء معتدل المقدار

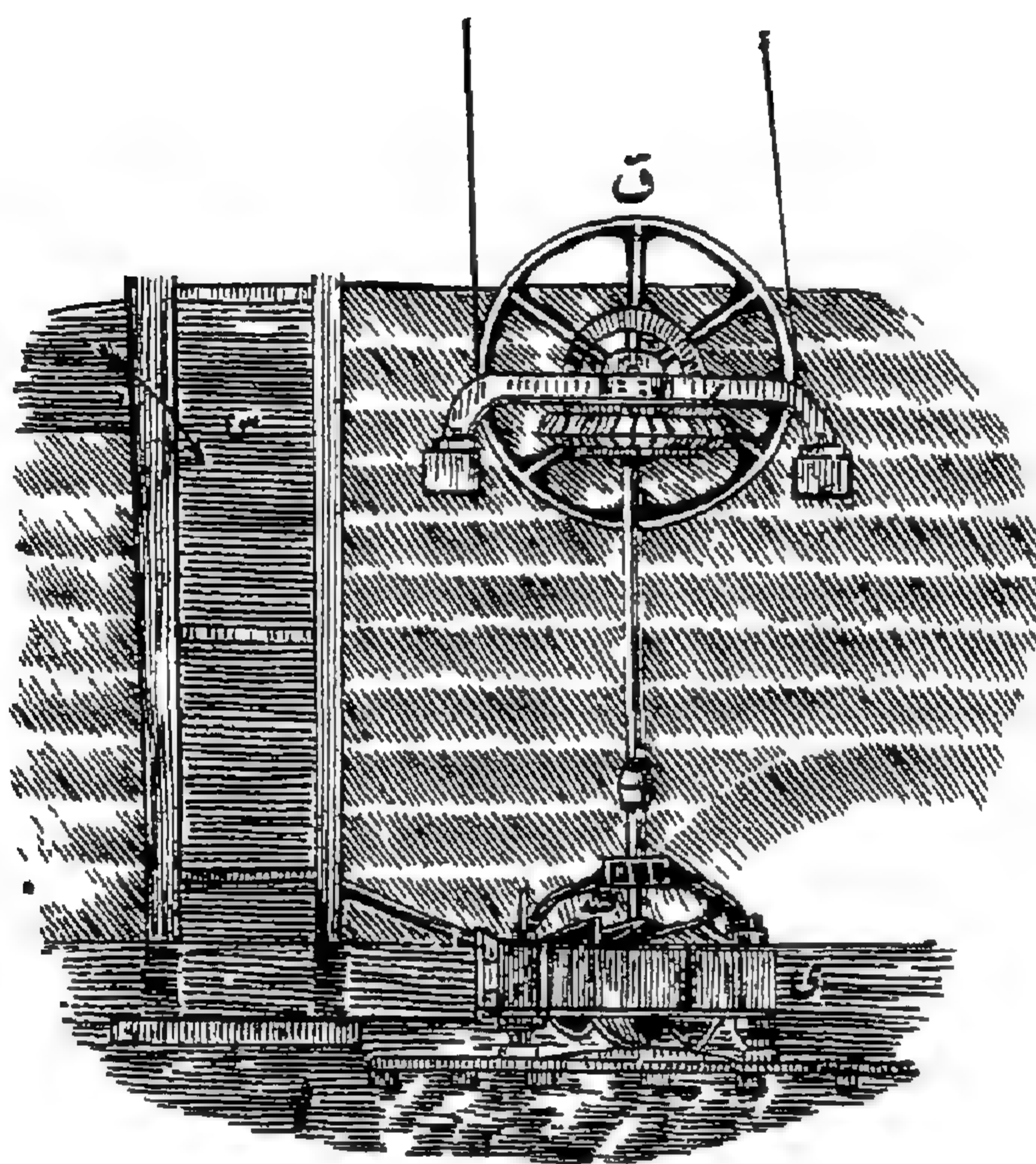


الشكل ٨٧

(١٣٩) الدوكلات. هذا يسمى الاقرب التربين وهو حديث العهد واقرى من سائر الدوكلات عملا فانه يستعمل به نحو ٩٠ في المئة من قوة الماء ويختلف عنها اختلافا جوهريا كما ستري ويخمس في الماء ويوضع فيه اقل

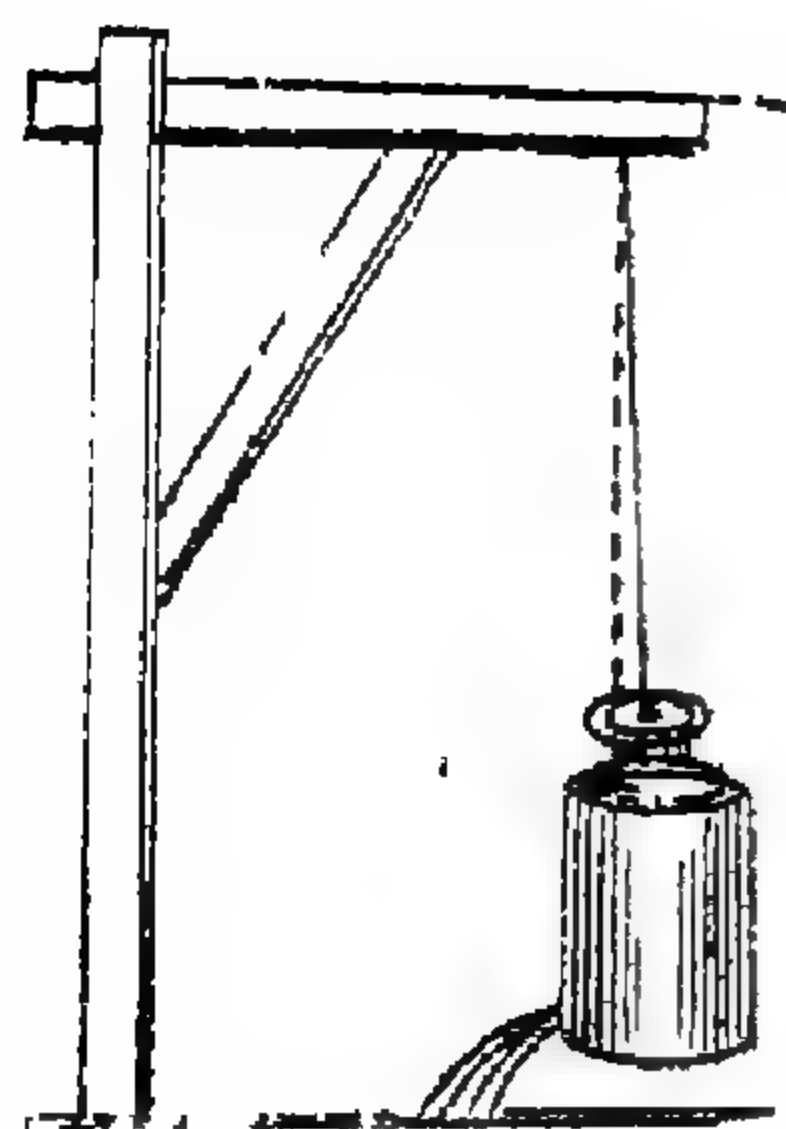
ويصنع على صور شتى منها الشكل ٨٨

وشرحه ان س د قناة ينزل الماء فيها ويجري منها في الميزاب د احتي
يقع على الدولا ب . وفي محور هذا الدولا ب وهو اسطوانة تتفرع منها عوارض
مسطحة الى كل الجهات . وفي اطراف مقبب يحيط بهذه العوارض على دائرها .



الشكل ٨٨

وعلى اعلى هذا الاطار واسفله قرصان مستديران متصلان بالاسطوانة
وبالعوارض المتفرعة منها . وفي هذين القرصين شبيه اقلاع مقورة تبتدئ
بقرب الاسطوانة وتختفي الى الخارج بحيث يبقى تقعرها نحو الاسطوانة وتكون
بارزة فوق القرص الاعلى وتحت الاسفل كما ترى . فينزل الماء من الميزاب
دافي الاقلاع العليا ويخرج من السفلى في عكس الجهة التي دخل فيها
فيدور الدولا ب وتدور الاسطوانة ف ب وتدور الدولا ب ق الذي
يلتفت على حرقه سير يوصل آلات اخرى به — والدواير يدور على عجل



الشكل ٨٩

اختلاف الضغط في عمود من السائل كما يتضح من الشكل ٨٩
علق ابريقاً ملاً تماماً بماء بحيث فالماء يضغط كل جوانبه
ضغطاً متساوياً حسب قانون باسكال (عد ١١٥)
فيهذا أبداً لك . ثم اذا اثقبت من جانبه يحوي الماء من
الثقب فيرتفع الضغط عن ذلك الجانب ويبقى على
الجانب الآخر فيرفع ابريق الى الجهة المقابلة لجهة
الثقب اي يبعده عن الخشبة التي تجاهه

(١٥٠) مطحنة بارسكر . - وعلى هذا المبدأ صُنعت مطحنة بارسكر ايضا
وهي مؤلفة من اسطوانة مجهزة اب في الشكل ٩٠ موضوعة بحيث تدور
بسهولة ومن اسطوانة اخرى ف ف عمودية على الاولى وموازية



الشكل ٩٠

لسطح الافق وطرفاها معكوفان ومفتوحان الى جهتين
متعاكستين (ويزاد فيها ايضا اسطوانة ثالثة افقية
كالثانية ولكنها عمودية عليها) فاذا اسدلت تحت الاسطوانة
الافقية وصب الماء في اب تبقى المطحنة ساكنة لان ضغط
الماء متساو على ف و اما اذا افتحت ف ف فيزول الضغط
عنهما ولكنه يبقى على الاجزاء المقابلة لهما من

الاسطوانة . فاذا تفرغ الماء من الفتحة ف الى اليمين مثلاً اندفع الجانب
ف ب المقابل لها الى اليسار . وهكذا يقال في الفتحة ف والجانب ف ب من
الاسطوانة . ولذا لك تدور الاسطوانة ف ف بتفرغ الماء من فتحتها . ولا
يخفى انه كلما طال جانب الاسطوانة ف ف وبقى الضغط عليها واحداً اقترب
القوة على الثقل كما اذا طال ساعد القوة على ساعد الثقل في الجمل .
وهذه الآلة من اعظم الآلات فعلاً اذا قصد استعمال مقلد مفرغ من الماء
يسقط من علو مفرغ

(١٥١) تموج الماء - اذا صببنا ماء في انبوبة ملتوية كما في

الشكل ٩٥ الى حد م و م ثم ادخلنا جري من الهواء الى م فضغط الماء حتى هبط من م الى ن يرتفع في الجانب الاخر من م الى ي . واذا ازلنا هذا الهواء الضاغط يهبط الماء من ي الى م ثم يهبط من ي ويرتفع من ن ولكن الهابط لا يصل حينئذ الى ن ثم يرتفع الى ي لان الهواء والاحتكاك على جوانب



الشكل ٩٥

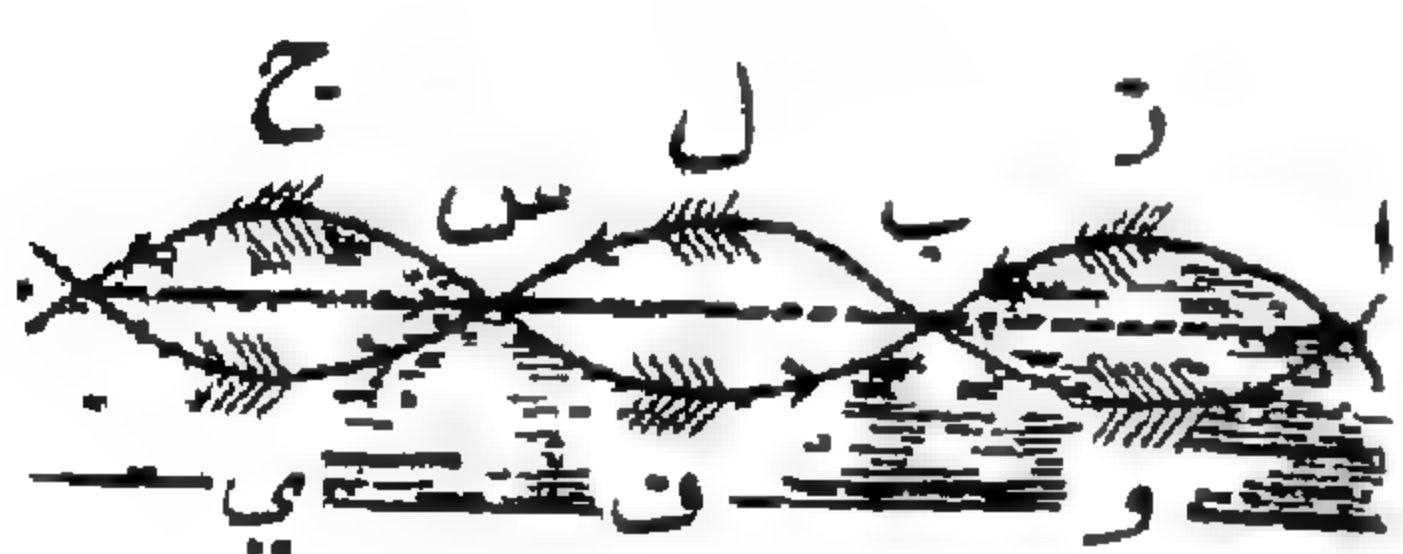
الانبوبة يعيقانها ولن لك لا يزالان بين هابط ومرتفع حتى يتلاشي استمرارهما بالاحتكاك ومقاومة الهواء فيسكنان عند م وم كما كانا قبل . فلو ارتفع الهواء والاحتكاك اولو جعل للماء واسطة ن تحركه على الدوام كما يتحرك الرقاص لبقى في حال الاضطراب الى ما شاء الله . وعلى ما تقدم

يتموج الماء في البركة اذا رمى فيها حرا مواجا مستديرة تتسع شيئا فشيئا حتى تنهى . لان الماء ينضغط تحت الحجر فيهبط فيرتفع ما حوله ثم يهبط هذا ايضا ويرتفع ما حوله ولا تزال قائم الماء بين هابط ومرتفع حتى يبطل تموجها باحتكاكها بعضها على بعض ومقاومة الهواء لها

(١٥٢) الموج - يحدث الموج من احتكاك الريح على وجه الماء فاذا

كانت الريح خفيفة احدثت امواجا صغيرة يترأكب بعضها على بعض في وسط البحر حتى تصير موجا طاما يتقلب على متن المياه . لان الريح اذا هبت على الماء ترفع دقاته بضغطها على الدقائق المجاورة للدقائق المرتفعة كما تقدم في عمودي الماء (الشكل ٩٦) ثم تهبط تلك الدقائق بالجاذبية فترتفع التي تليها وهكذا

يجد ث الموج من ارتفاع وقائق الماء وهبوطها بدون ان تتقدم من مكانها .
 واما تقدمها الظاهر فمن الامور التي نتخذ بها العين كما نتخذ بتموج البساط
 اذا انفض او الحبل اذا اهتز او الزرع اذا اماجر بالريح — اذا مراقبنا قرعة او
 خشبة على الماء رأيناها تتقدم على راس الموجة بضع اقدام او قراريط حسب
 طول الموجة ثم تقف وتتأخر راجعة في المطنين الذي يلي الراس ثم تقف عن
 الرجوع وتتقدم على راس الموجة الثانية وتقف وترجع ايضا في المطنين الذي
 يليه وهكذا على الدوام . فتعلو وتهبط مع الموجة ولكنها لا تستدير على وجه الماء الى
 الشاطئ . ولعل ذلك لان القرعة وهى في راس الموجة تتقدم الى المطنين الذي
 يليها الى جهة في السطح المائل الاعظم تتقدم الى الاعظم ميلا على الخط السمتي
 ثم متى صار المطنين موجة اي متى ارتفع مأوؤه لما مر يكون السطح المائل الاعظم
 تتقدم الى جهة متخالفة فتتقدم راجعة فيه ثم تهبط كأول مرة وترجع وهلم جرا
 الى ان يهدأ الموج . ليكن اب وس د موجتين وب س المطنين بينهما . فاذا
 كانت القرعة عند راس الموجة اب وهبطت الى ف المطنين في السطح



الشكل ٩٢

المائل ز في لكونه اعظم تتقدم راس
 السطح المائل الى اليمين فمتى ارتفع
 ارتفع المطنين ف حتى صار موجة
 راسها عند ل وهبطت ز الى و فكان

ومطمنا يلى ل يكون السطح المائل الاعظم تتقدم راس ال وترجع فيه ثم ترتفع
 الى ز وتهبط الى ف ثم ترجع الى و وهلم جرا . فالما لا ينتقل من مكانه
 بل يرتفع عمود وهذا العمود يهبط ويرفع ما يليه الخ ودقائق الماء تبقى مكانها
 (١٥٣) تنفش الموج . اذا قربت الا موج من الشاطئ او
 من صخر لم يوازنها ماء الشاطئ لقلة عمقه وعظم عمقها فتتقدم حتى
 يمنعها الشاطئ من التقدم فتنش وتنفش ويعرف تنفشها عند

العامة بفقش الموج. وقد ظهر بالتجربة والملاحظة أن الأمواج لا تقبض أكثر من . ثم قد ما عن مساواة سطح مائها وان اعظم الأمواج لم يجعل أكثر من . ثم قد ما من قمتها إلى حضيقها (١٥٣) حدود - تسمى الأجزاء المتوافقة من الأمواج كرو سها ومطمناتها وجوها المتماثلة وأجزاء المتخالفة كراس موجة ومطمن أخرى وجوها المتضادة. وتسمى المسافة بين كل وجهين متماثلين كالمسافة بين راس موجة وراس التي تليها طول الموجة. فإذا فرضنا أن موج المد الحادث من تفاوت جذب الشمس والقمر لماء الأرض سائر من الشرق إلى الغرب وان نوعاً انزل في البحر فاحدث أمواجاً بعيدة عن موج المد وسائرة وراءه وان ريجاً خفيفة هبتت على قسم متوسط بينهما من البحر فاحدثت فيه أمواجاً صغيرة فأمواج كل قاعٍ من هذه الفواعل الثلاثة تبقى ممتازة عن أمواج الأخرى حتى تلتقي. وحينئذٍ فاما ان تتلاقى وجوها المتماثلة أو المتضادة. فاذا اتلاقت وجوها المتماثلة كما اذا التقت رؤس أمواج المد برؤس أمواج النوء ومطمئات أمواج الواحد بمطمئات أمواج الأخرى حصل من التقائهما موج علوة بقدر مجتمع علو الاثنين معاً. واذا التقت وجوها المتضادة كما اذا التقت رؤس أمواج الواحد بمطمئات أمواج الأخرى. من التقائهما موج علوة بقدر الفصل بينهما. فاذا اذا اتوا إلى موجان وكان طول الموجة وعلوها في كل منهما متساويين وكان الأول سابقاً للثاني بنصف طول موجة يفنى أحدهما الآخر سبباً لتقاء وجوههما المتضادة ويقال لذلك تعارض الأمواج لأنها تعارض بعضها بعضاً. واعلم ان لهذا المبحث اعتباراً عظيماً في الصوت

والنور كما ينبغي فأحفظه جيداً

(١٥٥) مسائل للقرين — (١) عند ناحض له ميزان متساويان
 احدها اسفل من سطح الماء باربع اقدام والاخر بتسع فكم يفرغ الثاني اكثر من
 الاول . الجواب . ان سرعة الماء تتغير في الميزانين كتغير جذرى علويهما اذ
 كان المتفرغ في كل من الميزانين بسرعة لو صدد بادخال مركبة انبوية قائمة
 في ثم كل لا ترتفع الى وجه الماء في الحوض واذا كانت انبوية الركبة قصيرة تصعد
 كالنورة يزخم تفرغ الماء (عد ١٢٠) فالعلوان المذكور ان كناية عن بينى
 الماء مدقوعاً من الميزانين الى العلوين والسرعة تتغير كجذرى البين ثم ان الكمية
 المفرغة تتغير كالسرعة مع فرض مساواة الميزانين اذا الكمية المفرغة
 كجذرى البين اى

الكمية المفرغة من الاعلى : المفرغة من الادنى :: $٨ : ٤ :: ٢ : ١$
 اى ان الميزان الادنى يفرغ مثلاً ٨ قنطارين في الوقت الذى يفرغ الاعلى
 قنطارين . (٢) قطرانبوية اربعة قنطارين و عمقها ٨ قدماً تحت سطح الماء فكم
 من الماء تفرغ في الثانية . (٣) اذا اطلق ماء من ببل كور فلما اذا يكون
 مجتمعا عند فوهة مخنقة البلبل واذا ابتعد عنها ينتشر . (٤)
 اذا لوينا طرف الاسطوانة فى من سطحنا بذكر (عد ٥٠)
 الى جهة واحدة وثقبناها من تلك الجهة فماذا
 تكون النتيجة (٥) هل يلزم ان تدخل
 الحنفية فى البرميل الى ما وراء

الواحد

م



الباب السادس

في الهوائيات

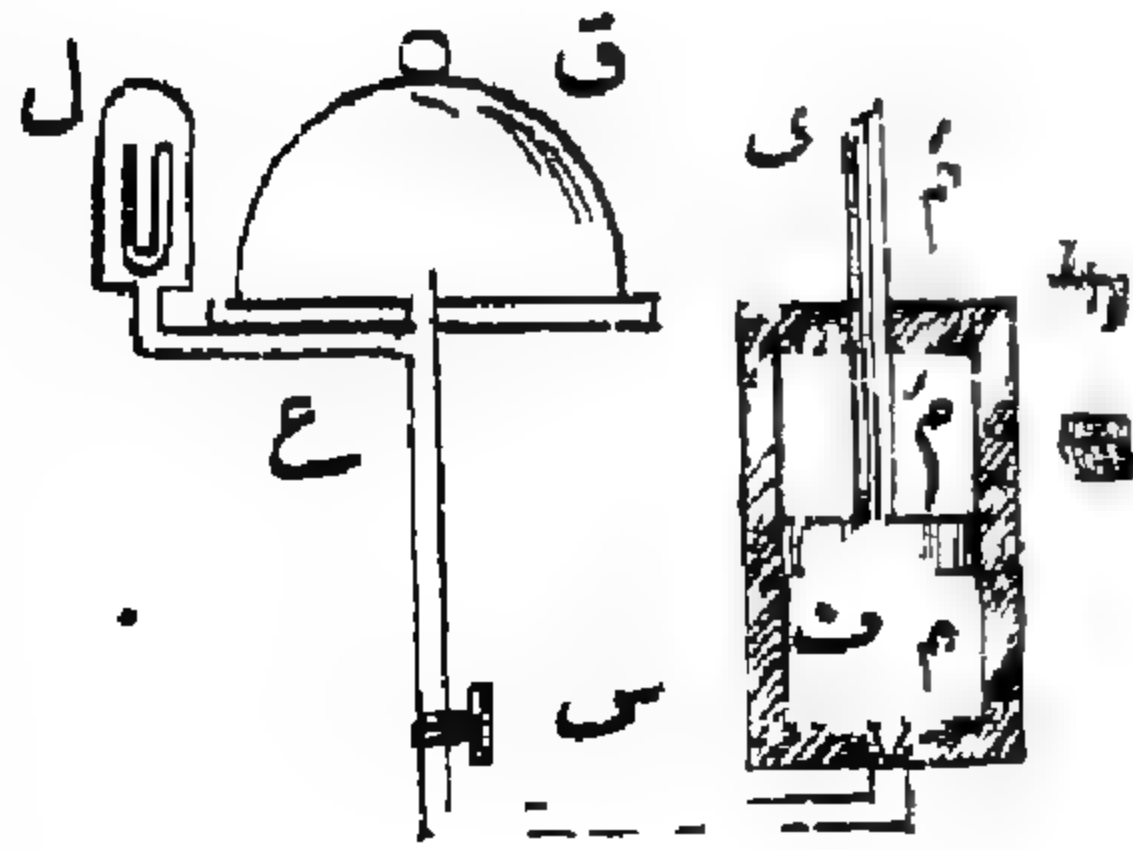
الفصل الأول

في الغازات ومفرغة الهواء

(١٥٤) الهوائيات فن يبحث فيه عن صفات الغازات وضغطها - والغازات اجسام قوية الجذب بين دقائقها اضعف من قوة الدفع (عد ٢٤) فلذلك تكون حركة دقائقها اسهل من حركة دقائق السائلات فيصدق عليها ما يصدق على السائلات من ايصال الضغط الى كل الجهات على السواء وقوتها على حمل الاجسام وثقلها النوعي . وهي كثيرة العدد ولكن اربعة منها فقط بسيطة وهي الاكسجين والهيدروجين والنيتروجين والكلور البقية مركبة . ومنها ما له لون او رائحة ومنها ما ليس له . ومنها ما يضر الانسان والحيوانات اذا استنشقت كغاز الحامض الكربونيك ومنها ما لا يضر كالهيدروجين والنيتروجين ولكنه لا يصلح حياة الحيوان . ومنها ما لا تقوم الحياة الا به وهو غاز الاكسجين فاذا انقطع عن الحيوان بضع ثوان مات لا محالة . ويكون مدار الكلام في الهوائيات على الهواء فقط لانه ينوب عن كل الغازات بما انه اكثرها مقداراً كما ينوب الماء عن السائلات -

(١٥٤) الهواء — الهواء يعرف عند التخصيص بالهواء الكروي أو الجلد غاز من الغازات محيط بكرة الأرض كل المحيطات فيملاً ما كان فارغاً فيها ويحيى ما عليها من الحيوان والنبات وهو مؤلف من غازي الأكسجين والنيتروجين ممتزجين معاً على نسبة ٢ : ١ وزناً من الأكسجين إلى ١ : ١ وزناً من النيتروجين ويحتوي أيضاً قليلاً من الحامض الكربونيك وكمية من البخار المائي تكثر وتقل بحسب الأحوال . وليس له رائحة ولا طعم ولا لون ولكنه إذا تكاثرتلّون بالازرق كما يشاهد في لون السماء فإن قُبِرت الزرقاء التي تاهت في جمالها عقول الشعراء هواء صرف قد تلّون بالزرقاء من ضوء الشمس ولو تلاشي الهواء لزال بهاؤها واسود وجهها . ولهذا يضرب لونها إلى السواد كلما ارتفع الناظر عن الأرض وإذا ارتفع كثيراً أراها سوداء من تلطف الهواء فوقه . وهو أيضاً شفاف مرن فلو لاه لم نقدر على سماع الأصوات ولم نطرب على مرثاة العود

(١٥٨) مفرغة الهواء — قلنا إن الهواء يملأ ما كان فارغاً على الأرض فإذا اردنا أن نفرغ الأجسام منه لم نستطع ذلك بكبها كما أننا لا نستطيع أن نفرغ الأنية من الماء كذلك وهي مغموسة فيه . ولذلك احتال العلماء طوقن كركي على تفرغه بالة اخترعها سنة ١٤٥٠ وتسمى مفرغة الهواء . اخص

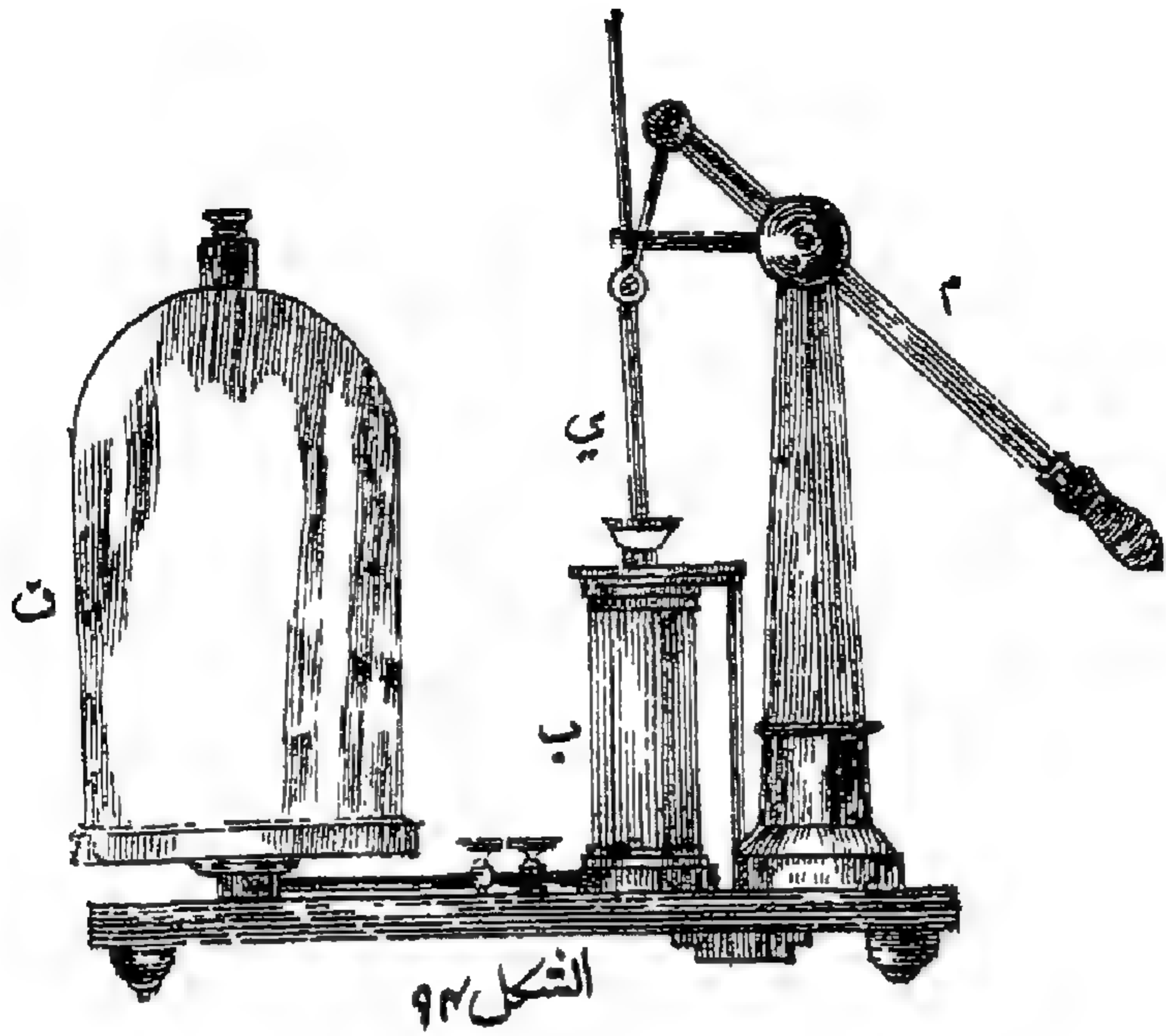


الشكل ٩٣

أجزائها ظاهراً في الشكل ٩٣ فالحرف ق وعاء من زجاج يعرف بالقابلة . وبوض على صفيحة ملساء غوب اسطوانة وس انبوبة تصل بين القابلة والاسطوانة

ومصراع ينطبق على طرف الانبوبة المتصل بالاسطوانة وينفتح
الى الاعلى وفمدك ينزل ويرفع داخل الاسطوانة باحكام
وفيه مصراع م ينفتح الى الاعلى ايضا

اما كيفية تفريغ الهواء بها فكما ترى: اذا فرض ان المدك في اسفل
الاسطوانة وان المصراعين منطبقان فحينما يرفع المدك بانزال يد المفرغة
يرتفع حاملاً الهواء الذي عليه ويبقى ماتحته من الاسطوانة فارغاً. فيتمد الهواء
الذي في القابلة وفي الانبوبة س كما سيأتي (عد ١٦) ويرفع المصراع مرويد داخل الى
ماتحت المدك فيملأ الفراغ. ثم ينزل المدك برفع يد المفرغة فيضغط الهواء
الذي تحته والهواء يضغط المصراع م الى اسفل فيطبقه ويضغط المصراع م
الى الاعلى فيفتح ويخرج منه. واما سبب ضغط المصراع الا على فلان الهواء كالماء
يوصل الضغط الى الاعلى والاسفل وبقيّة الجهات بالسواء (عد ١٧) ثم يرفع
المدك ثانية فيفرغ الهواء من الاسطوانة على ماتقد م فيأتي مكانه هواء من القابلة
ايضاً على طريق المصراع م. وينزل ثانية فينفتح المصراع م فيجاء الهواء متقدماً منه
وهل جراً. فيتفرغ الهواء من القابلة شيئاً فشيئاً بتزليل المدك ورفع حتى يصير
على غاية اللطافة ولا يعود يقدر على رفع المصراعين. فتفرغ القابلة من الهواء
الا قليلاً ويقاس مقدار تفرغها بالمقياس ل على الجانب الايسر من القابلة ق
الذي هو في فراغ متصل بفراغ الانبوبة س كما ترى. فان المقياس هو الانبوبة
من الزجاج الملتوية الموضوعة ضمن قابلة اخرى من زجاج عن يسار. شعبتها
اليمنى مسدودة وعلو ذئبقها واليمنى فارغة مفتوحة فتمتلئ فرغ الهواء من الالة
يتفرغ من قابلة المقياس فيخفّ الهواء في شعبتها اليمنى ويأذن للزئبق بالصعود
فيها فيعرف مقدار التفرغ من علو الزئبق في شعبة المقياس اليمنى المقسومة
بخطوط الى اقسام متساوية فلو استوى سطح الزئبق في الشعبتين كان التفرغ
تاماً ولكن ذلك لم يتوصلوا اليه بهذه الالة. وهذه صورة المفرغة كما هي



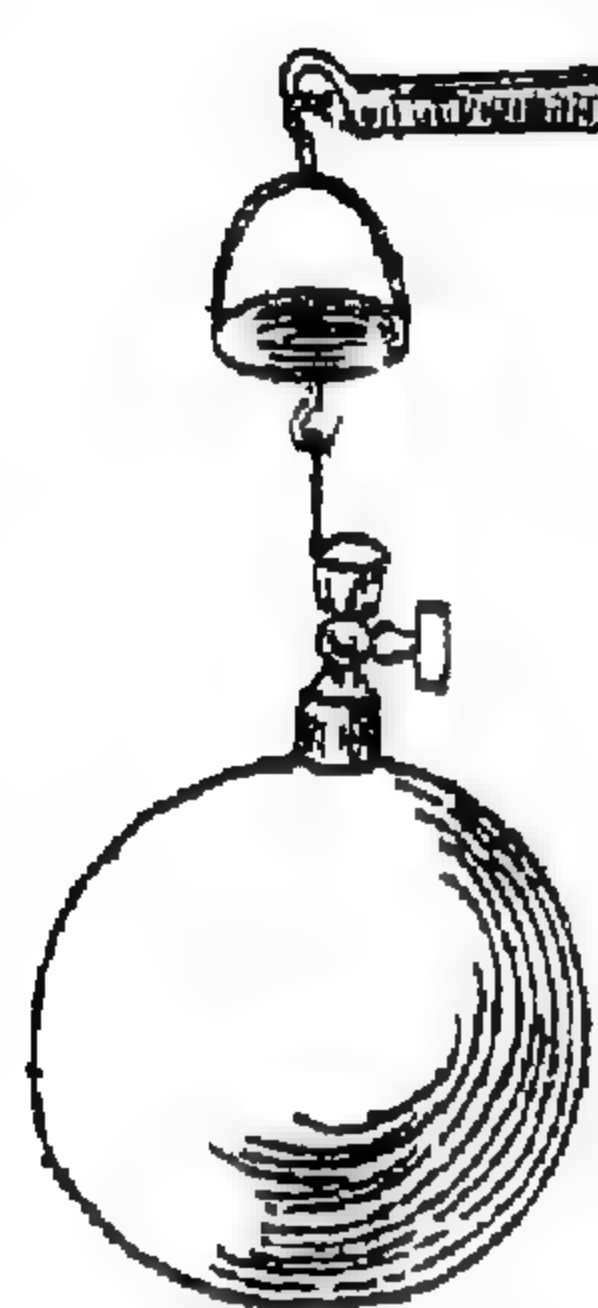
(الشكل ٩٢) م اليدوي المدكروب الاسطوانة وق القابلة

اذا وضعنا جسماً مشتعلًا كجمرة نار او قنديل متقد في قايبة وفرغنا الهواء عنها
ضعف نوره شيئاً فشيئاً كلما تلطفت الهواء حتى ينطفئ واذ لك لقلّة الاكسجين
الذي هوعلة اشتعاله . واذا وضعنا حيواناً وفرغنا الهواء عنه فان كان من
ذوات الثدي او طائر السرع موته وان كان من السمك او الزحافات ابطأ وان
كان من الحشرات كالصرصور بقي حياً بضعة ايام تبعاً لاحتياجه ذلك الحيوان
الى الاكسجين الذي تقوم الحياة به . واذا وضعنا اجساماً خفيفة او ثقيلة في طرف
البوبة طويلة وفرغنا الهواء منها وقلبناها نزلت كلها الى الطرف الاخر في وقت
واحد كما مر (عدد ٢٤) - واعلم ان جميع الاجسام النباتية والحيوانية تتحلل وتفسد
من فعل الاكسجين بها وقيل من غير ذلك . فتمكنوا بمفرغة الهواء من حفظ
الاطعمة من الفساد وذلك بوضعها في اوعية وتفريغ الهواء منها
وسدّها سداً محكماً يمنع الهواء من الدخول اليها

الفصل الثاني

في صفات الهواء

(١٥٩) الثقل - الهواء جسم كسائر الاجسام ومن صفاته الثقل ودليل ذلك اننا اذا افترغنا قنينة نسمع . . اقيراط مكعب



الشكل ٩٥

من الهواء وعيوناها (الشكل ٩٥) ثم فتنها حتى يدخل الهواء اليها تثقل وترجع على العيار ولا ترجع الى الموازنة الا بعد ما يزداد على العيار الاول عيار اسم قمحة . اذ اثقل مائة قيراط مكعب من الهواء اسم قمحة . وكذا لك وجد ان ثقل مئة قيراط مكعب من الحامض الكربونيك ٥٢٢ سم من القمحة ومن الهيدروجين اخف

الغازات ٢١ سم من القمحة وان ثلاثين قمحة من الماء اثقل من ثلاثين قمحة من الهواء ٤٤٠ مرة

(١٦٠) المرونة والانضغاط - ومن صفات الهواء ايضا المرونة والانضغاط ويظهر ذلك من لعبة للصبيان تعرف عند العامة بالفقاعة وهي عود صغير من السيسان ونحوه ينزع لبة ويدخل فيه مدك . ثم يصنع له هنتان من الكتييت وتدخل فيه احدهما بالمدك كرها من احد الطرفين الى الآخر . ثم تخرج الاخرى وراؤها كذلك . فتمت اقتربت اليها ينضغط الهواء بينهما فتزيد قوته مرونته ويدفع الهنة السابقة بفرقة شديدة . وكذا لك اذا دخل مدك في انبوبة متينة ادخالاً محكماً فلا يمكن ان يمسه قعرها مهما كان

الشّد عليه لان الهواء يقع بينهما وكلما انضغط زادت مرونته حتى يشعربه تحت المدك ليناً مرناً كالزبد بك او الخدّة الرخفة

وما يؤمن ذلك بعينه اسمها عقاريت القينة (الشكل ٩٠) فالعقاريت فيها

اشخاص من الزجاج مجوّفة ومثقوبة من اذناها توضع في قنينة مملوءة ماء وفي

اعلاها وعاء من يعى الهواء . فلحقّة العقاريت تطفو على الماء حتى يضغط الوعاء

الذي على القنينة فيخرج الهواء منه ويضغط الماء فيوصل الماء الضغط الى

الهواء الذي في اجواف العقاريت فينضغط ويصغر حجمه فيدخل الماء في اجوافها

فيزداد ثقلها فتغوص . ثم اذا ارتفع الضغط عن الوعاء المرن يرجع الهواء اليه

فيرتفع الضغط عن الماء وعن الهواء الذي في جوف العقاريت فيتمدد ويطرد

الماء منها فتخف وتصل حتى تطفو كما كانت . وكلما اقتربت العقاريت من قعر

القنينة عمل تحريكها حتى انه اذا احسن العامل الاعتناء في تحريكها جعلها تبدى

من الحركات ما تبدى له المخلوقات الحيّة المتحركة بارادتها . وقد تبدل العقاريت

بسمك وغيره - فيستدل من كل ذلك ان الهواء مرن وقابل للانضغاط وان

مرونته تزيد بزيادة انضغاطه

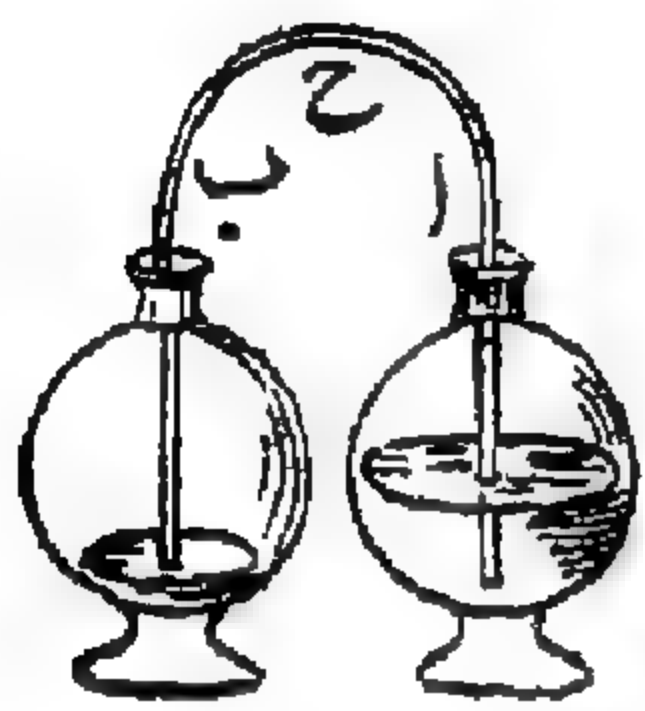
قوّة السائلات على حمل الاجسام



الشكل ٩٠

وايصالهما الضغط الى كل الجهات وزيادة ضغطها بزيادة العمق وايضاح مبدأ
مطحنة ياركر مما ذكر في السائلات ولا حاجة الى اعادة ذكره هنا

(١٤١) التمدد - ومن صفات الهواء التمدد ويتضح ذلك بما يأتي : خذ رقاً ناشفاً وسدّه بحنفية سدّها محكماتاً ثم اسدّها قليلاً من الهواء . ثم ضعها في قابلة وفرغ الهواء منها فيتمدد الهواء فيه عند ما يرتفع عنه ضغط الهواء الذي كان في القابلة فينتفخ و ربما الشق من تمدد الهواء فيه وضغطه له^(١)



اوخذ قنيتين اوب في الشكل ٤٩ وضع فيهما قليلاً من
الماء الملون ثم ادخل فيهما انبوبة منحنية ثم وليكن ادخالها
في ب محكمًا يمنع الهواء من الدخول اليها واللبس كن لك في ا.

ثم وضع الكل في قابلية وفرغ الهواء منها فعند ارتفاع ضغط هذا الهواء عن
الهواء الذي في ايتمد فيضغط هواء الماء الذي تحته ويطرده في الانبوبة
الى ١. واذا رُدَّ الهواء الى القابلية يضغط الهواء الذي في افيرجع الماء منها الى
رَدِّ السوازنة. وبتكرار العمل يُطرد الماء من قشينة

الى أخوي حسيماً يرام

1

(١) بين الفيلسوف اسحق نيوتن انه لو ابعاد قيراط كروى من الهواء اربعة الاف

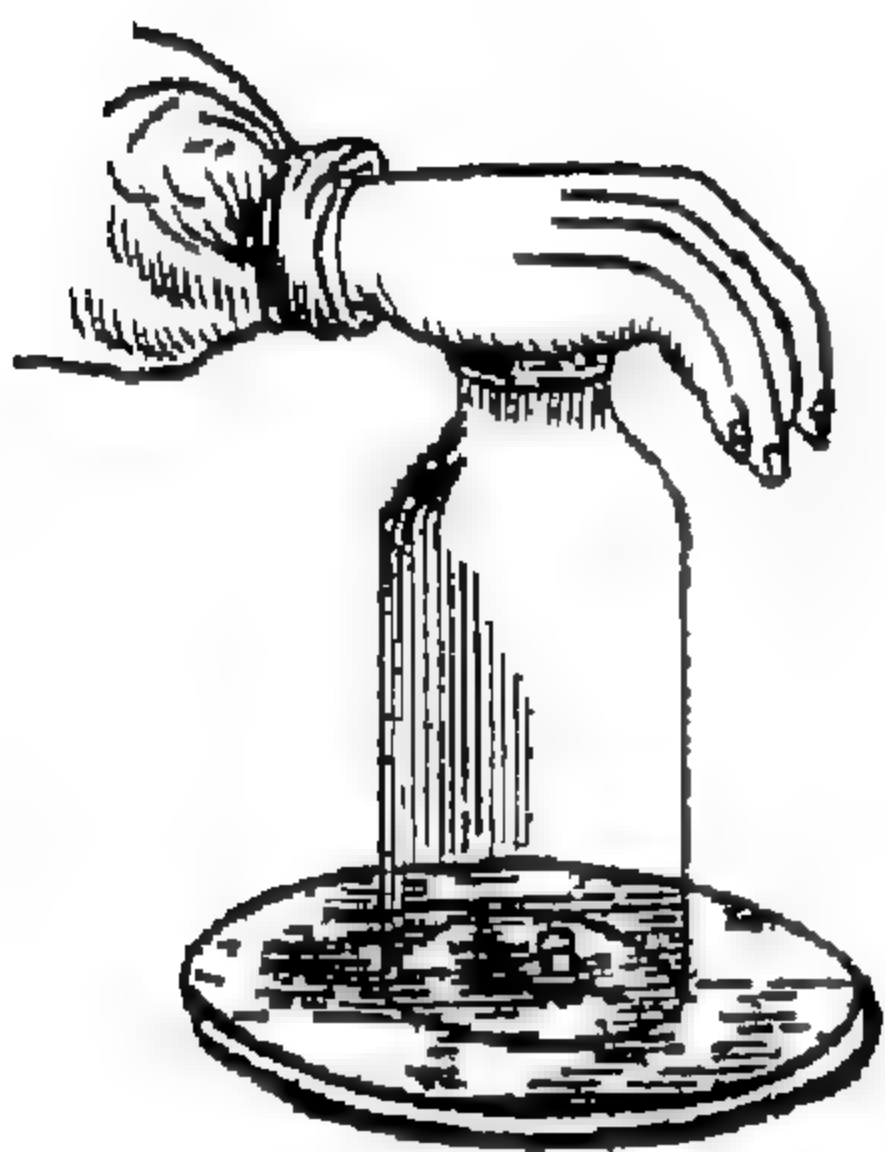
ميل عن الارض لتمدد حتى اشغل دائرة محيطها او سم من فلك زحل الذي قطره اكثر

من ۲۶۴۷۸۰۰۰ ا میل

الفصل الثالث

في ضغط الهواء

(١٤٢) يظهر ضغط الهواء ممّا يأتي : خذ قنينة لا قعر لها وضعها على صفيحة مفرّغة الهواء . وضع يدك على قعرها كما ترى في الشكل ٩٨ وفرّغ الهواء منها فتري أن بعض كغلك

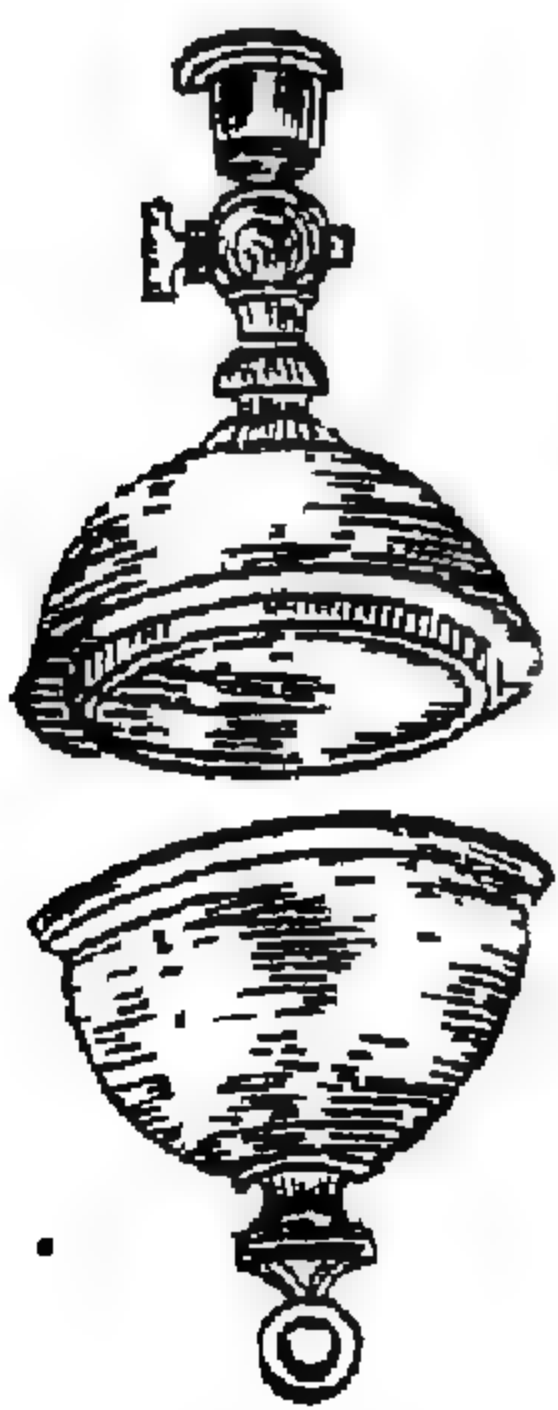


الشكل ٩٨

قد دخل في قعرها من ضغط الهواء الخارجي ليدك . أو اربط على فم القنينة قطعة من مثانة طويّة مرطبة وعند ما تنحرف فرّغ الهواء من القنينة فتتمزّق المثانة اربا من شدّة ضغط الهواء لها . وما دام الهواء داخل القنينة فلا تتمزّق المثانة لان

ضغطه يضادّ ضغط الهواء الخارجي ويساويه فيفنى أحدهما الآخر ولا يظهر تأثير الواحد الآخر

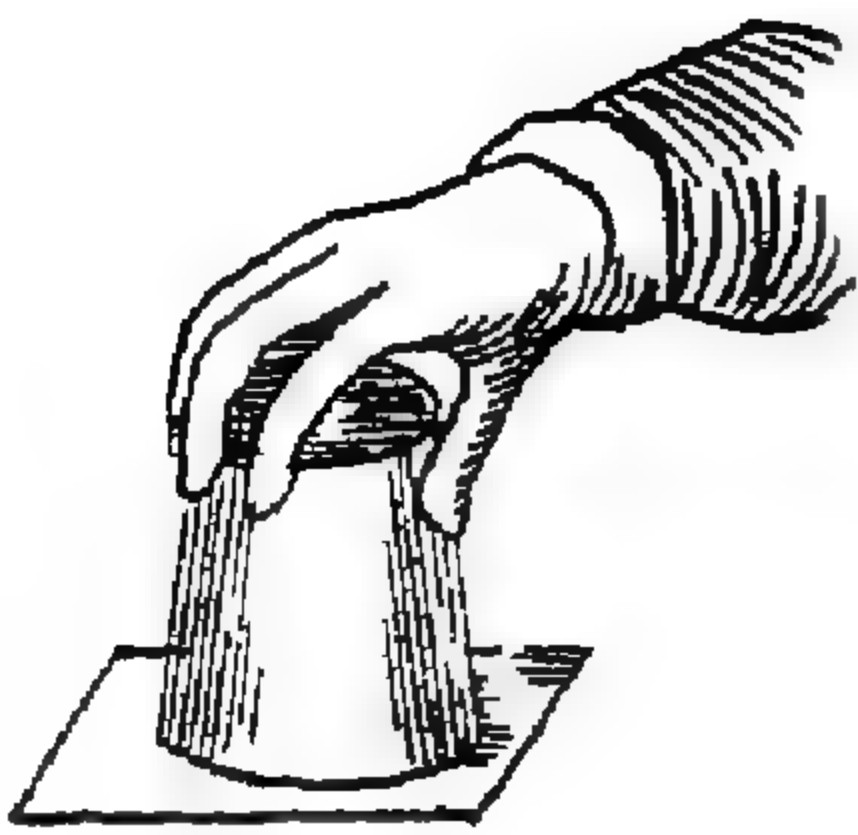
(١٤٣) كاسا مكس بروج — ظهر ممّا سبق أن الهواء يضغط



الشكل ٩٩

نازكا وهو يضغط الى كل الجهات كما يظهر من كاسي مكس بروج . وهما نصف الكرة يركبان معاً (الشكل ٩٩) اخترعهما أطوفن كوكي المكس بروجي فأضيفا الى اسم بلدته . فاذا ارتكبت أحدهما على الأخرى وبقي الهواء فيهما يغصان بسهولة وأما إذا فرّغ الهواء منهما وسدّت الحنفية المتصلة بأحدهما حتى لا يدخلها الهواء فاز يغصهما لاجتماع من الرجال

يتشددون معاً من ضغط الهواء الخارجى لهما (١٠٠) ولا فرق في الضغط سواء كان وضعهما كما في الصورة او خلافاً

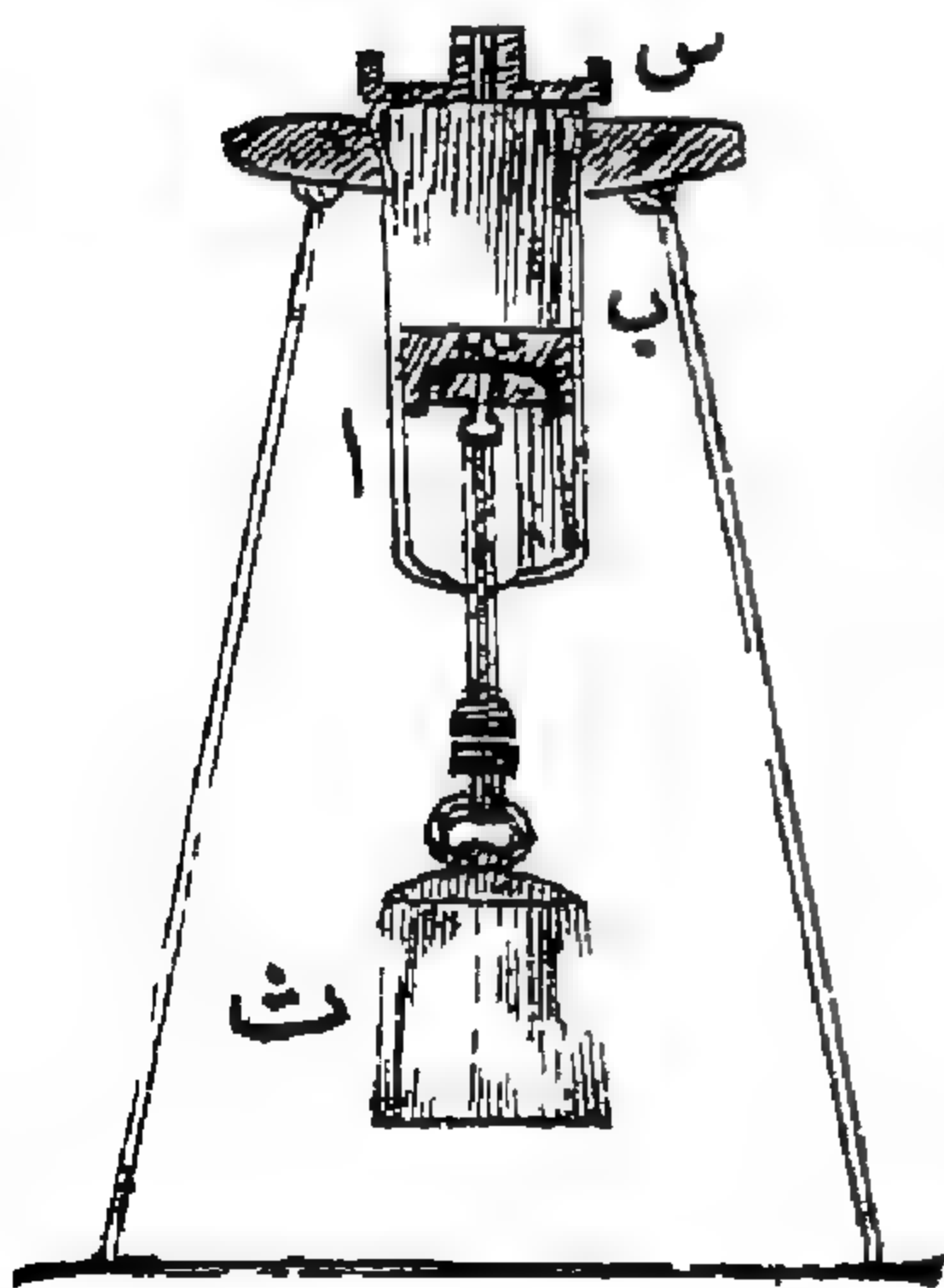


وتتضم ضغط الهواء صاعداً مساوياً في الماء كاساً ماء وضع على قعرها قطعة من القرطاس ثم اقلبها عاجلاً (الشكل ١٠٠) فتبقى قطعة القرطاس على قعرها ولا ينصب الماء منها لان الهواء يضغطها صاعداً او يظهر

ضغط الهواء صاعداً من الشكل ١٠١ وهو اسطوانة من

الزجاج اتي داخلها مدك نازل فيها نزولاً محكماً ومعلق به الثقل ث فترك الاسطوانة وتوصل بمقربة الهواء بواسطة حية من المغيط تدخل في من فتمتدق الهواء منها يضغط الهواء الذي في الخارج المدك من اسفل صاعداً فيرتفع ويرفع الثقل معه فيلبث الثقل معلقاً كأنه معلق بصنارة او نحوها

(١٠٢) قوة الهواء على حمل الاجسام



الشكل ١٠١

كما تطفو الاجسام في الماء بحملها لها تطفو في الهواء ايضاً بحملها لها جارية على ناموس ارسخيدس (عد ١٣٠) وذلك كثير المشاهدة فالدخان والسياب يعومان في الهواء كما يعوم الخشب على الماء لانها اخف منه و يحلان عليه بقوة تساوى ثقل الهواء الذي يحلان محله

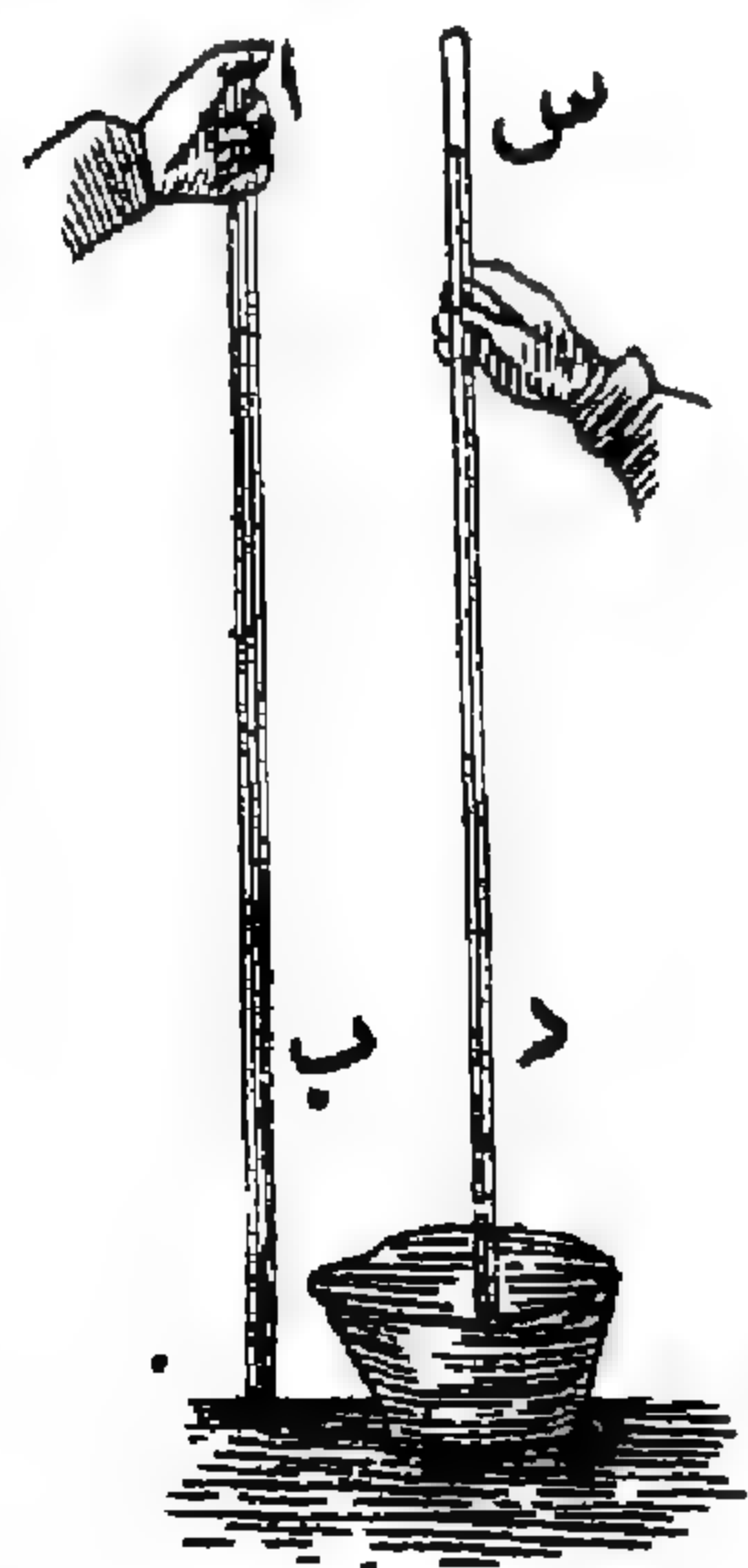
يتبين ذلك ما ياتي : خذ كرة مجوفة من النحاس وضعها في طرف ساعد

لا يقال ان الطوفن كركى المذكور صنع كاسين قطر كل منهما قد مان ثمر كبيراً وفورم الهواء منهما فلم تغلق الواحدة عن الاخرى حتى ربط الى كل منهما ستة حصنة وجعلها تشد الى جهتين متضادتين

من ساعدى الميزان وعلق بطرف الساعد الأخر عياراً أيواز تماماً في الهواء. ثم ادخلها في العيار إلى قابلية فيبقى متوازنين مادام الهواء في القابلية. وأما إذا تفرغ منها فترجح كرة النحاس. وما ذلك إلا لأن الهواء كان حاملاً بعض ثقلها يقوون على حمل الأجسام فلما زال الهواء زاد ثقلها على ثقل العيار لا تهاكبر منه حجماً فهبطت وارتفعت

(١٤٥) مقدار ضغط الهواء - علمنا ما تقدم أن الهواء يضغط الأجسام بثقله والآن نقول أن مقدار ذلك الضغط يساوى ضغط عمود من الزيت علوه ثلاثون قيراطاً وعموداً من الماء علوه نحو ٣٣ قدماً. وبعبارة أخرى أن الهواء يضغط كل قيراط مربع من سطح الأرض بثقل ٣ البيروا وذلك ما يقال له ثقل جلد واحد لقيراط مربع

لم يعرف شيء من ذلك حتى كشفتهُ طور شلي الأيطالي سنة ١٦٤٣م كما يأتي: اخذ انبوبة من الزجاج طولها نحو ثلاث اقدام مفتوحة الطرفين وشد على أحد طرفيها جلد لينة رطبة وتركها حتى جفت جيداً ثم ملأ الأنبوبة زيتاً وسد طرفها الآخر المفتوح بإصبعه كما ترى في الشكل ١٠٢ وقلبها في وعاء مملوء زيتاً أيضاً



فهبط الزيت في الأنبوبة حتى استقر عند س على علوه ثلاثين قيراطاً من سطح الزيت الذي في الوعاء وبقي ما فوق الزيت من الأنبوبة فارغاً من الهواء فسمى فراغ طور شلي. وأما السبب في استقرار الزيت على هذا الارتفاع فهو أن الهواء يضغط الزيت الذي في الوعاء وهذا الزيت يستند العمود الذي عليه فيبقى على ارتفاع ٣٣ قيراطاً. وهذا هو المراد من قولنا أن ضغط الهواء للأجسام يساوى ضغط عمود

من الزيت على $\frac{3}{4}$ قيراطا . فاذا كانت مساحة سعة الانبوبة قيراطا واحداً فنقل الثلاثين قيراطا التي فيها من الزيت الى البراء ولذا يكون ضغط عمود الزيت الذي مساحته قيراط وعلوه $\frac{3}{4}$ قيراطا ١٥ البراء لكل قيراط مربع من الزيت الذي تحته . ولما كان هذا العمود يوازن عموداً من الهواء مساحته كمساحته في الغلط وعلوه من سطح الارض الى اعلى الجبل فضغط عمود الهواء هذا الي البراء لكل قيراط مربع من سطح الارض

فان الزيت انقل من الماء $\frac{2}{3}$ مرة فعمود الزيت المذكور يوازن عموداً من الماء غلظه كغلظه وعلوه $\frac{2}{3}$ مرة اعظم من علوه فيكون علوه $\frac{3}{4}$ قيراطا في $\frac{2}{3}$ وذلك يساوي $\frac{3}{4}$ من القدم . وهو المراد من قولنا ان ضغط الهواء يساوي ضغط عمود من الماء علوه نحو $\frac{3}{4}$ قدماً

(١٤٤) تجربة پاسكال قلنا ان سبب استقرار عمود الزيت على علو $\frac{3}{4}$ قيراطا هو ضغط الهواء لسطح الزيت الذي الوعاء وذلك اثبتته العلامة پاسكال بالتجربة . قال اذا كان الهواء هو الذي يستند عمود الزيت فيبقى على ارتفاع $\frac{3}{4}$ قيراطا على سطح الارض فاذا صعدنا الى محل عال فلا بد من هبوط هذا العمود لان الهواء يخف في الاعلى فلا يوازن ما يوازنه على سطح الارض . وطلب الى بعض اقربائه ان يجرب ذلك في محل عال فحوس به فهبط عمود الزيت ثلاثة قرايط فصار علوه $\frac{2}{3}$ قيراطا فقط . ثم جرب پاسكال ذلك بسوائل أخرى كالماء والزيت فطابق حدة الواقع وادرج بين اليقينيات المثبتة

(١٤٥) تغير ضغط الهواء نحن في قعر بحر من الهواء كسماك في قعر بحر من الماء لجهة تغمرنا وامواجه تجيش وتلاطم فوق رؤسنا . الا ان امواجه اعظم من امواج البحر جداً واضطرابه اعظم من اضطرابه بكثير . وذلك لان دقايقه لما كانت سهلة الحركة بعضها على بعض بسبب ضعف جاذبية الملاصقة بينها

فأدنى سبب يحركه وتجهجه كتغير الحرارة والرطوبة ونحوهما من
الاسباب . فلذلك يتغير ضغط الهواء ويتغيره بتغير ارتفاع عمود
الزئبق او الماء او السائل الاخر الذي يوزنه فيطول تارة ويقصر
اخرى . فاذا اصبعدنا بعمود منها الى رأس جبل قصر لان ضغط
الهواء اقل هناك واذا اهبطنا به الى بطن واد طال لان ضغط
الهواء اكثر هناك بسبب تراكمه كما ان ضغط الماء يقل بقلبة العمق
ويزيد بزيادته (عد ١٢١) واذا وقفنا به على شاطئ البحر يكون
طوله ٣٠ قيراطا اذا كان زئبقا وكانت حرارة الهواء ٦٠ فارغيت
ويكون $\frac{33}{4}$ القدم اذا كان ماءً وكانت حرارة الهواء ٦٠ ف
ايضا . فيجعل طول العمود على شاطئ البحر ودرجة الحرارة المذكورة
محطاً ثابتاً ويقاس منه مقدار الارتفاع والهبوط . والخاصة ان
ضغط الهواء يتغير بتغير الحرارة او الرطوبة التي فيه او بارتفاع او
بالانخفاض عن مساواة سطح البحر ويقاس تغيره بالعمود الزئبقي

(١٤٨) فاموس مرريت ويعرف بناموس بويل ايضاً . هو انه
اذ ابقيت حرارة الهواء على حالها فحجم مقدار من الهواء يتغير بالقلب لضغط
عليه . فاذا كان حجمه قدماً مكعباً والضغط عليه رطلاً يصير حجمه $\frac{1}{2}$
قدماً مكعباً اذا صار الضغط رطلين لان مقلوب $\frac{1}{2}$ هو $\frac{1}{2}$

ولبيان ذلك تؤخذ انبوبة ملتوية كما في الشكل ٣١ ساقتها الواحدة
طويلة مفتوحة الطرف والاخرى قصيرة مسدودة وتصب فيها زئبق حتى يبلغ
علامة الصفر في كلتا الساقين فيكون ارتفاعه متساوياً ويثبت كذلك متوازناً .
ولما كان ضغط الهواء للزئبق الذي في الساق الطويلة يساوي ضغط عمود من
الزئبق طوله ٣٠ قيراطاً كما تقدم فضغط الهواء المحصور في الساق القصيرة
للزئبق الذي تحته لا يوازى الا لونه يساوي ضغط ٣٠ قيراطاً من الزئبق

أيضاً. فان هذا الهواء وان يكن صغير الحجم فهو مضغوط ومرن جداً فيضغط
الزئبق بقوة مرّة نتج بقدر ما يضغط الهواء الخارجى الزئبق الذى فى الساق
الطويلة



الشكل ١٠٣

ثم اننا اذا زدنا الزئبق حتى يصير علو كفى
الساق الطويلة ٣٠ قيراطاً أى حتى يبلغ علامة
٣٠ تضاعف مقد ابر الضغط لان ضغط الهواء
يساوى ٣٠ قيراطاً من الزئبق كما تقدّم وقد
زدنا عليه ٣٠ قيراطاً اخرى . فحينئذ يرتفع
الزئبق فى الساق القصيرة الى علامة الخمسة
وذلك لان الهواء الذى كان شاغلاً ما بين صغر
وعشرة منها قد صغر حجمه الى نصف ما كان عليه
بتضاعف ضغط العمود الموازن له فصارت يشغل
ما بين خمسة وعشرة فقط. وكذا لك اذا صار
الضغط ثلاثة اضعاف فى الساق الطويلة صغر
حجمه الى ثلث ما كان فى الساق القصيرة وهلم
جرّاً (١)

نحو

(١) وجد بعض المدققين ان ثاموس مريت لا يصدق تماماً على الغازات اذا تعاظم
الضغط بل يختلف. ولكن هذا الاختلاف زهيد لا يعابىه فى اكثر الاعمال المعتادة

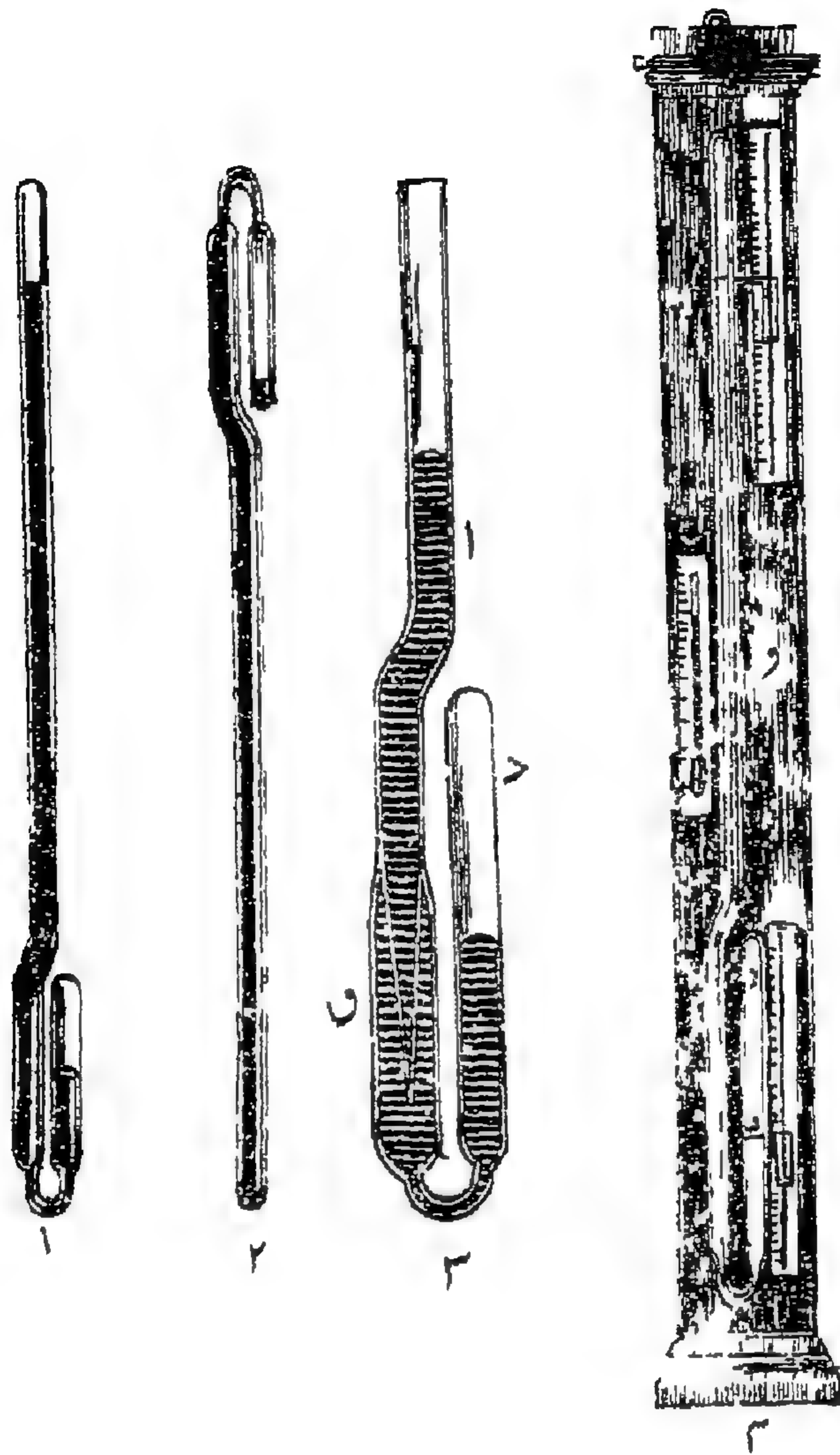
الفصل الرابع

في البارومتر وثقل المحكد

(١٤٩) البارومتر الزئبقي - قد تقدم (عد ١٤٤) ان ضغط

الهواء للجسام لا يلزم حالاً واحدة بل يزيد وينقص لأسباب
شتى . وقد اخترعوا القياس زيادته ونقصانه التي تسمى البارومتر
وهي انواع منها البارومتر الزئبقي . فهذا مؤلف من انبوبة وكأس
فيها زئبق كما رأيت في الشكل ١٠٢ فيركبان معاً ويوصل بالانبوبة
مقياس مقسم قراريط واعشار القيراط و thermometer (مقياس الحرارة)
لمعرفة حرارة الزئبق ويحفظ الكل في محفظة . وهو اشكال كثيرة تذكر
منها شكلاً واحداً يسمى بارومتر كاي لسالك . فهذا يستعمل فيه
انبوبة زجاج ملتوية احدي شعبتيها اطول كثيراً من الاخرى .
والشعبة الطولى المسدودة عند راسها مملوءة زئبقاً والشعبة
القصرى المفتوحة تستخدم كالكأس في البارومتر الزئبقي والفرق
بين السطحين هو ارتفاع البارومتر

الشكل ١٠٢ عدد دايدال على هيئة بارومتر كاي لسالك .
فلكى يجعله نافعاً . مناسباً للسفر وصل بين الشعبتين واذا انقلب
الالة كما في عدد ٢ تبقى الانبوبة دائماً مملوءة زئبقاً كونها
شعرية والهواء لا يقدر ان يلج الى الشعبة الطولى . على انه
قد تفرق لطمة سريعة بغتة بين اجزاء الزئبق وتكون قسمة
للواء ان يدخل قليل منه اليه . فاحتياطاً لذلك اضاف المسطر
بنظن تدبيراً دقيقاً الى الالة فان الشعبة الطويلة منتهية الى كأس

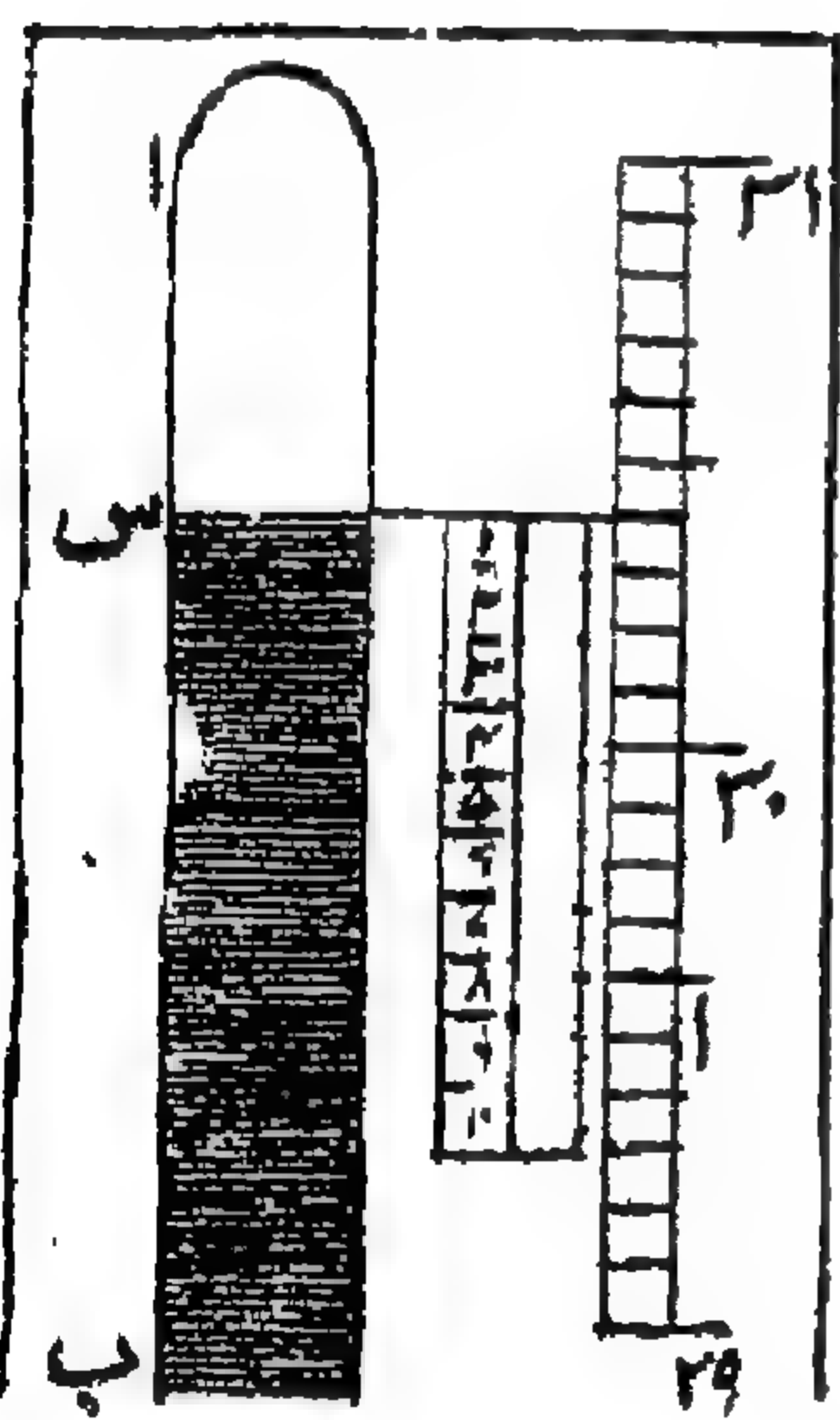


الشكل ١٠٣

مستدق وملحمة بالانبوبة وكما ترى عدد ٣
 فعل هذا النمط اذا اجتاز الهواء في الانبوبة الشعرية لا يقدر
 ان يخرق الطرف الاسفل الدقيق من الشعبة الطولى بل يقيم
 في الجزء الاعلى من الانبوبة والوسيلة وبذلك يمتنع تأثير الهواء في
 انتظام الزئبق اذ يبقى الجزء الاعلى من الانبوبة خالياً من الهواء
 وفضلاً عن ذلك يمكن ازالته بسهولة
 في بارومتر كاي لسلك الشعبة القصيرة مسدودة ولكن في جانبها
 يثقلاً دقيقاً منه ينفذ الهواء الى داخلها فيضغط على الزئبق

أما العلوّ البار ومترى فيتعين بواسطة مقياسين لها صفر مشترك عند عدد ٢٧ نحو منتصف الشعبة الطولي مقسومين الى جهتين متخالفتين احدهما من والى او الاخر من والى ب اما على الانبوبة نفسها او على اقسام يزنخاسية موازية للانبوبة. وفي جانب المقياسين مدققان (قرنيران) دوديد لأن على عشار المليمتر. وكل ارتفاع البار ومتراب هو مجموع البعدين من و الى او من والى ب

أما المدقق فهو ما يتصل بالمقياس المقسم ويتحرك على محاذاته الى الاعلى والاسفل. فتعرف منه اجزاء المئة من القيروط كما يأتي. ليكن ب س في



الشكل ١٠٥

الشكل ١٠٥ على عمود الزئبق في البار ومتر ٢٩ و ٣٠ و ٣١ الى يمينه المليمترات او القرايط على المقياس المقسم مقسوماً كل منها الى عشرة اقسام. ونفرض ان كل ١٠ اقسام من المدقق عن يسار هذه الاقسام تساوي اقساماً منها فيزيد كل قسم من المدقق عشر اعلى كل قسم منها. ولما كان كل قسم منها عشر القيروط فتكون زيادة كل قسم من المدقق على كل قسم منها

عشر عشر القيروط اي جزءاً من مئة من القيروط. فاذا اردنا ان نعرف ارتفاع العمود الزئبق بالتدقيق نقول ان اعلاه واقم بين ٣٠ و ٣١ و ٣٢ و ٣٣ و ٣٤ و ٣٥ و ٣٦ و ٣٧ و ٣٨ و ٣٩ و ٤٠ و ٤١ و ٤٢ و ٤٣ و ٤٤ و ٤٥ و ٤٦ و ٤٧ و ٤٨ و ٤٩ و ٥٠ و ٥١ و ٥٢ و ٥٣ و ٥٤ و ٥٥ و ٥٦ و ٥٧ و ٥٨ و ٥٩ و ٦٠ و ٦١ و ٦٢ و ٦٣ و ٦٤ و ٦٥ و ٦٦ و ٦٧ و ٦٨ و ٦٩ و ٧٠ و ٧١ و ٧٢ و ٧٣ و ٧٤ و ٧٥ و ٧٦ و ٧٧ و ٧٨ و ٧٩ و ٨٠ و ٨١ و ٨٢ و ٨٣ و ٨٤ و ٨٥ و ٨٦ و ٨٧ و ٨٨ و ٨٩ و ٩٠ و ٩١ و ٩٢ و ٩٣ و ٩٤ و ٩٥ و ٩٦ و ٩٧ و ٩٨ و ٩٩ و ١٠٠. ثم نجعل اعلى المدقق مطابقاً له وننزل حتى نجد المطابقة بين المقسم والمدقق والمقياس وهي في الشكل عند ٨ فيكون ارتفاع الزئبق ٨٣ و ٤٣ من القيروط. وعلى هذا السؤال يقسم المقياس الى اجزاء من الالف ايضاً. فيعرف تغير ضغط الهواء ولو كان جزءاً من الف جزء من القيروط

(١٤١) فائدة البارد ومتر - البارد ومتر

ليستعمل لا مريين اهمها الدلالة على الطقس والاخر قياس ارتفاع الجبال. اما الدلالة على الطقس فلا تؤخذ منه رأياً لانه انما يدل على تغيرات ضغط الهواء. وهذه التغيرات منها ما هو دورى فيحدث في ساعات معلومة من اليوم ومنها ما هو عرضى فلا يحدث في اوقات معلومة. فيستنتج حال الطقس من هذه التغيرات العرضية. والمعتاد ان يكون ارتفاع الزئبق دليلاً على حسن الطقس وهبوطه دليلاً على رداءته. وينتظر هبوب رياح شديدة او حدوث انواء اذا هبط الزئبق هبوطاً عظيماً فجائياً. ولكن دالات البارد ومتر لا يجوز بصديقها وما ذكرناه منها اصدق مما سواه

واما قياس ارتفاع الجبال به فلانه كلما زاد الارتفاع خف ضغط الهواء (عد ١٤٤) فيهبط الزئبق حتى يوازيته فيعرف مقدار الارتفاع من هبوط الزئبق بمقدار اول مدققة مصنوعة لذلك

(١٤٢) البارد ومتر المائي - من انواع البارد ومتر المائي

وهو مثل الزئبق في مبدأه ولكن الماء يتوب فيه عن الزئبق وطول انبوبه ٣٣ قدماً اي نحو ١٣٣ مرة طول انبوبة البارد ومتر الزئبق قيل ان اول بارد ومتر صنعه كان مائياً صنعه اطوفن كركي المكديسرجي صاحب الكاسين المعروفتين باسمه (عد ١٤٣) فنصب انبوبة طويلة من حوض في قبو بيته الى سطح البيت. واقف شخصاً من الخشب على وجه الماء في الانبوبة. فكان اذا حسن الطقس يرتفع الشخص بارتفاع الماء ويثرف على ما حوله من المساكن واذا تكدّر الطقس واقترب التوء يفر ويختفي. وما زال يفعل ذلك في حينه حتى شعراهل المدينة به وزعموا ان بين اطوفن كركي وبين الشيطان علاقة واقه يصعد ذلك الشخص ايام الصحو ويثرف ايام التوء

بعلم سابق من الشيطان فاشتكوا عليه واكرهوه على ابطاله
واعلم ان البارومتر الزئبقي يستنار على المائي لزيادة خفته
واحتياله للبرد وقلة ما يتحول منه الى بخار بالنسبة الى ما يتحول من
الماء . فقد وجدوا انه اذا كانت الحرارة ٣٢ ° ف (وهي درجة الجليد)
ينخفض الماء في البارومتر المائي نصف قيراط بسبب ما يتحول عنه
الى بخار واذا كانت الحرارة ٤٥ ° ينخفض ١٢ قيراطا

(١٤٣) البارومتر المعدني - ومن انواع البارومتر البارومتر

المعدني اخترعه رجل فرنساوي

اسمه بوردون وهو سير رقيق اجوف

من النحاس ن منحن على شكل قوس

دائرة . يربط طرفاه اوب بشريط ويفرغ

الهواء منه ويسد سداه مسيلا ويوضع

في علبة . فاذا زاد ضغط الهواء له من

الخارج انضغطت جدرانه الى الداخل

واقترب طرفاه احد هما الى الآخر واذا

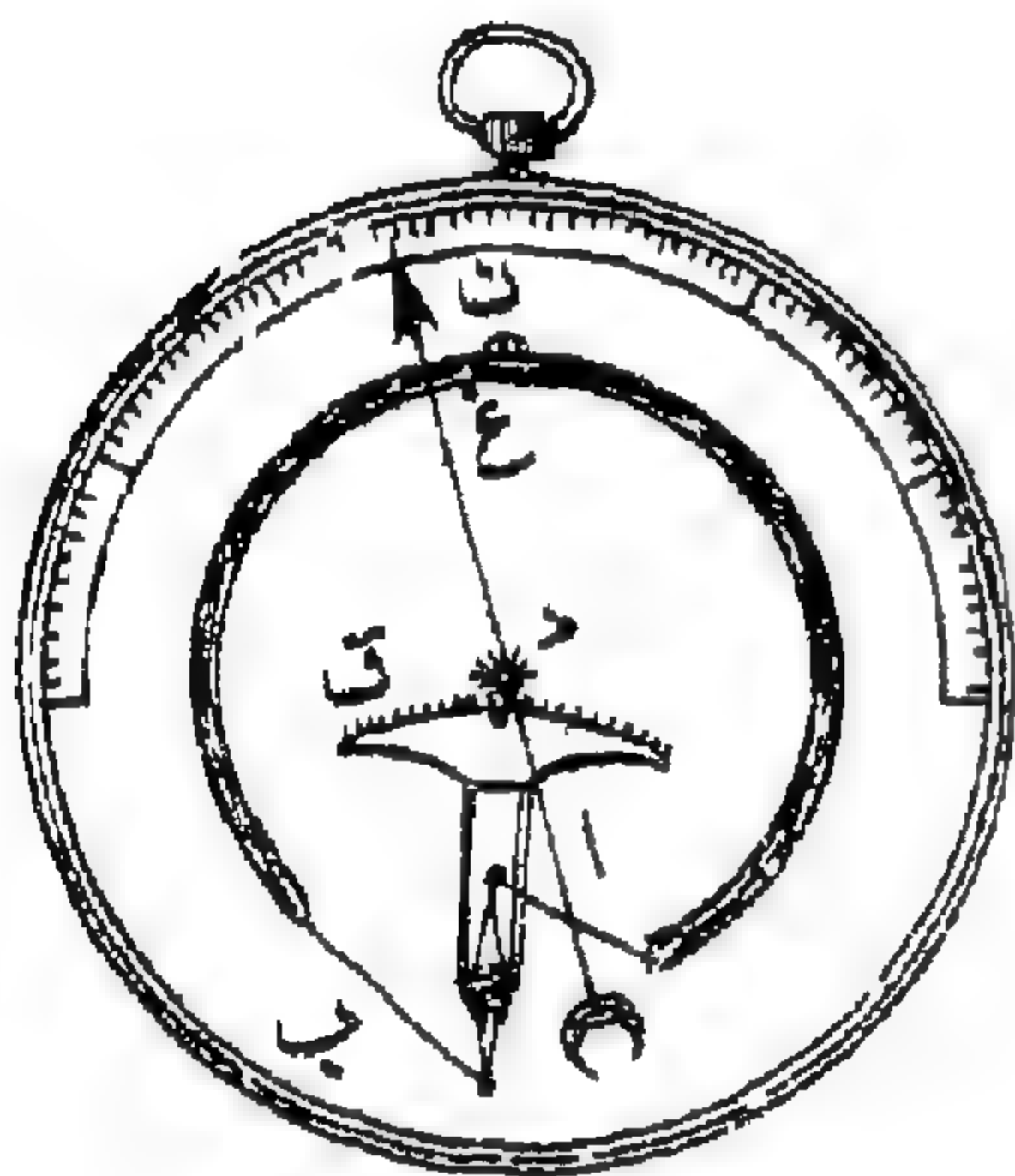
نقص ضغط الهواء من الخارج ابتعد احد هما عن الآخر فمن تخرج كهما

اقترايا وابتعادا اثر انتقال حركتهما على القوس المسننة ومنها على

الدولاب د الى العقرب غ يتحرك العقرب يمينا او يسارا على مقياس

مقسمة اقساماً متساوية فتعرف منها تغيرات ضغط الهواء

ومنها تغيرات الطقس



الشكل ١٤٣

(١٤٤) البارومتر الزئبقي - اخترعه قيدي الباريسي وهو كالبارومتر

(١) يراد بالسد المرسي في اصطلاح الكيميين ان يحكم السد حتى لا تدخل منه الالهة

الاجسام وادقها كالهواء والغازات وذلك بلحماء لحما محكما او بسد اداة محكمة

المعدن في كونه يقيس ضغط الهواء بواسطة صفيحة رقيقة من النحاس او نحوه. وهو عبارة عن علبة صغيرة مستديرة غطاءها رقيق جداً ويفرغ الهواء منها ويسد غطاءها سداً اهرسيًا. ثم توضع في علبة اخرى وجهها مقسم كأنه مينا ساعة كما ترى في الشكل ١٠٤. فاذا زاد ضغط



الشكل ١٠٤

الهواء عليها انضغط غطاء العلبة الجوانبية الى الداخل واذا انقص ضغطه عاد الغطاء وارتفع فتنتى حركة انضغاطه ورجوعه هذه الى عقرب بواسطة عدّة الخال دقيقة فيدور العقرب على وجه الغطاء الذي يظهر دورانه مكثراً او اضعافاً. فيعرف منه تغير ضغط الهواء. ولهذه الآلة مزية

على غيرها من جنسها بسهولة حملها. واذا كانت محكمة الصنع دلت على تغير الضغط مما قل. فانها تتغير ولو ارتفع حاملها من الارض الى كرسي فقط. ولذا لك تستعمل كثير القياس علو الجبال غير انه اذا اريد تمام الدقيق بها تُقابل بالبارومتر الزئبقي كل يسير

واعلم ان ما يكتب على البارومتر لتعيين الصحو والمطر والنوء والاعتدال الخ. فصحة لا يُقطع بها ولا يمانى غير الأماكن التي كتب بها وسبب ذلك وانهم لمن تمنع في ما قيل عن تغير ضغط الهواء ودلالته على الطقس (١٤٤ و ١٤٥)

(١٤٥) ثقل الهواء على جسد الانسان - ان مساحة جسد الانسان المتوسط القائمة ١٤٠ قدماً مربعة اي ٣٠٣٠٠ قدم مربعاً و ضغط الهواء ١٥ اليبراً على القيراط المربع فضغطه على ٣٠٣٠٠ قدم مربع اي مساحة جسد الانسان ٥٠٠٠٠٠ ٣٠٣٠٠ ليبراً او اكثر من ١٠ قنطاراً

فاذا قيل كيف يحمل الانسان ١٦ قنطاراً من الهواء ولا يشعر بثقلها مع
انه لو تحمل ١٦ قنطاراً من غير الهواء لسيحق تحت ثقلها سحقاً قلنا ان الهواء
يضغط الجسد من كل جهة فضغطه على الصدر مثلاً يقاوم ضغطه على الظهر
واذا قيل فلماذا لا ينطبق الصدر على الظهرين ذينك الضغطين ولا ينسحق
الجسد كله كذا قلنا ان في الجسد اجزاء جامدة كالعظام واللحم وسائلة
وغازية فالجامدة تحمل اثقالاً عظيمة من هذه والسائلة لا تنضغط
بضغط الهواء لها الا قليلاً جداً (عد ٢٠) والغازية تنضغط كثيراً ولكنها تزداد
مرونة كلما انضغطت (عد ١٦٠) فتقاوم الهواء الضاغطة الجسد من الخارج
فيحمل الجسد ثقل الهواء ولا يتثقل به. ولذلك اذا اخرج الهواء من الصدر
بالتنفيس يشعر الانسان بضيق في صدره من ثقل الهواء الخارج على
واذا ازال الهواء الخارج عن الجلد ينتفخ ويصير الانسان كالموذم لان الهواء
الذي داخله يضغطه من الداخل ولا شئ يقاومه من الخارج. وعلى ذلك يجري
التجيم فتري المحجم يحرق ورقة في المحجة لينخف الهواء داخلها ويتلطف فيقل كانه
قد فرغ بالمفرغة. ثم يقلب قهراً على الجسد فيبرز الجلد تحتها لان الغازات الداخلية
تضغطه من الداخل وضغط الهواء الباقي في المحجة قليل لا يساوي ضغطها
فيجتمع الدم في ما يبرز وانتفخ من الجلد فيشطبه الحجام لاخراج الدم منه. ولذلك
ايضاً اذا امس الانسان هواء من قنينة تلتصق بفسحه. فكان الباطن خلق فيه
مفرغة تفرغ الهواء وجعل صدره اسطوانتها

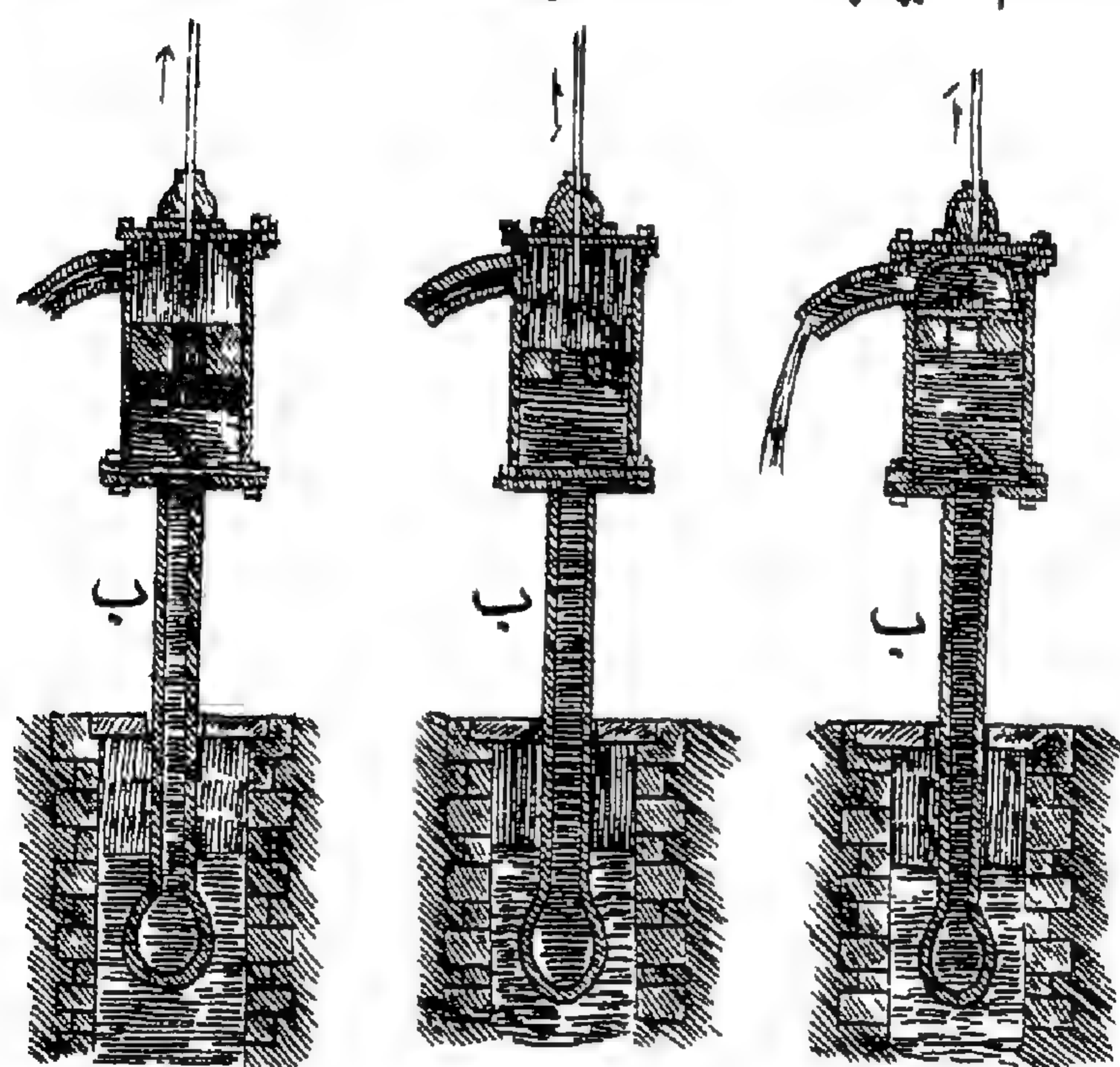
وعلى ما تقدم مرئشى بعض الناس على سقوف البيوت منقلبين
الى الاسفل وارجلهم الى الاعلى. وبيان ذلك انهم يلصقون بالسقوف قطعاً من
الجلد يتفرغ الهواء من بينها ويعلقون ارجلهم باوتار من يوطاة بالجلد ويمشون
برفع حواف الجلد قليلاً حتى يدخل الهواء بينها وبين السقف ويسهل رفعها ثم
بالصاقها بمكان اخر ورفع الرجل الاخرى كذلك. وعلى ما تقدم مرأى مشى

الفصل الخامس

في الآلات الهوائية

(١٤٨) الطلمبة — الطلمبة آلة لرفع السائلات اخترعت

منذ قد يمر الزمان والمثنون ان مخترعها اكتسيبوس صانع اشهر
بلاسكندرية سنة ٣٠٠ قبل المسيح والطلمبات على اشكال
متعددة تندرج جميعها تحت نوعين طلمبة السحب وطلمبة الضغط



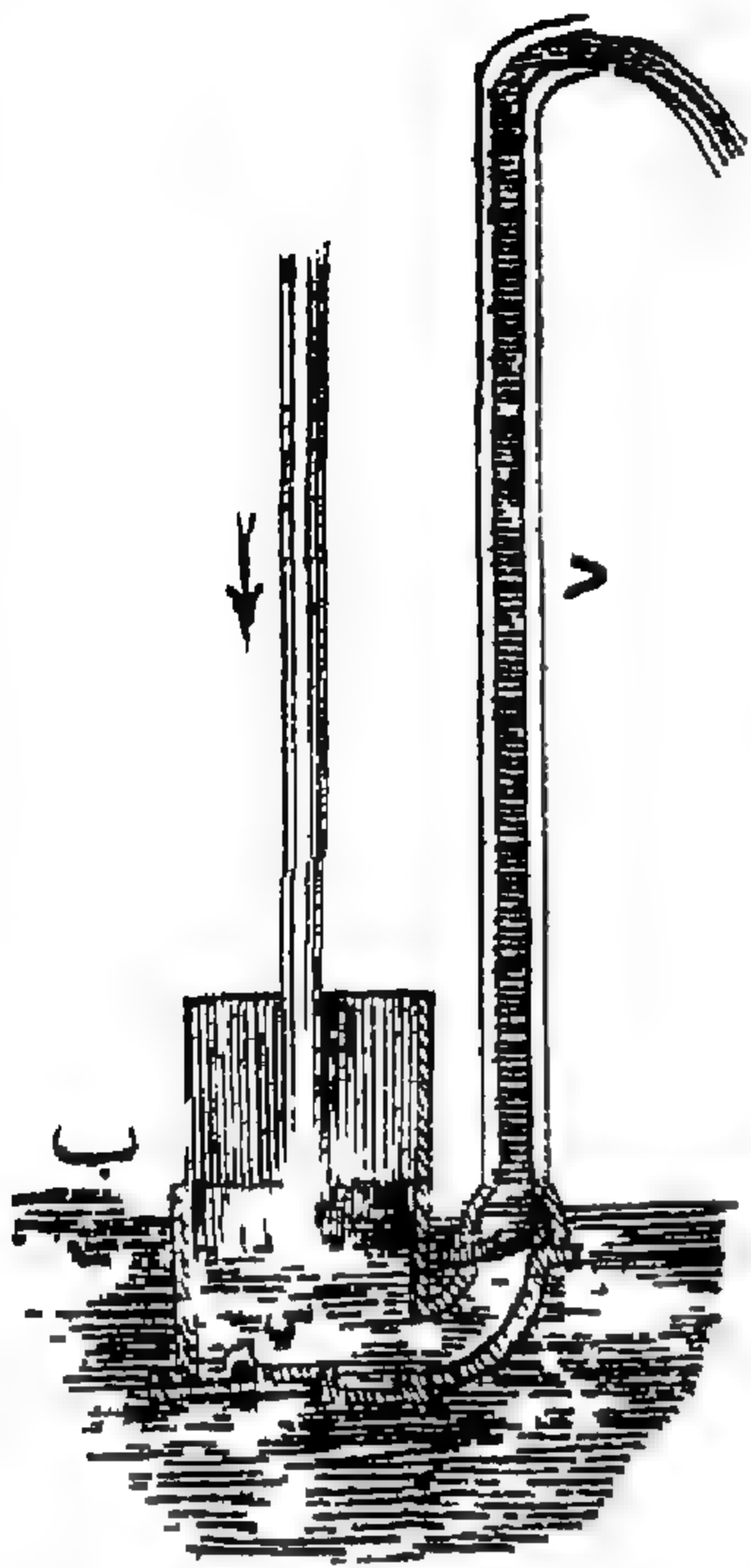
الشكل ١٠٨

(١٤٩) طلمبة السحب — اما طلمبة السحب فهي اسطوانة

من الحديد يتصل باسفلها انبوبة ب في الشكل ١٠٨ وتنزل منها الى بئر الماء
ولها مصراعان احدهما في اعلى الانبوبة ب وقد رسم منفثا في الاولى و
الاخيرة ومنطبقا في الوسطى والاخرس في المد لك النازل في الاسطوانة
وقد رسم منفثا في الوسطى فقط ومنطبقا في الاخرين *

و اما كيفية سحب الماء بها فكما يأتي . لتفرض اننا وصلنا يد ايا المداخن
 المصراعين منطبقان والمدك في قعر الاسطوانة فالامر ظاهر ان الهواء يملأ
 الاسطوانة والانبوبة ولذلك يكون ضغط الهواء الذي في الانبوبة لماء البير
 مساوياً لضغط الهواء الخارجي له فيكون سطح الماء على استواء داخل الانبوبة
 وخارجها . فاذا انزلنا اليد ارفع المدك وبقي مصراعك منطبقاً لان الهواء
 الخارجي يضغطه نازلاً . فيتفرغ هواء الاسطوانة فجاء على ظهر المدك وذلك
 يصعد هواء من الانبوبة بمتدد ابزوال الضغط عنه ويفتح المصراع او يملأ
 الاسطوانة فضلاً عن الانبوبة . فيكبر حجمه فيتلف وتقل مرونته (عدد ١٤٠)
 فيقل ضغطه لماء البير عن ضغط الهواء الخارجي له فيصعد الماء في الانبوبة كما
 ترى في الشكل . ثم اذا ارفعنا اليد نزل المدك فينطبق المصراع لان هواء الاسطوانة
 ينضغط تحت المدك فيطبقه . واما مصراع المدك من فينفتح (لان الهواء المنضغط
 تحت المدك يضغطه الى الاعلى كما يضغط الى الاسفل) ويصعد الهواء منه
 الى الاسطوانة ويختلط بهواء الجلد . واذا انزلنا اليد ثانية ارفع المدك
 فيحدث ما حدث عند ارفعه في المرة الاولى ويصعد الماء في الانبوبة زيادة عما
 كان اولاً . وهكذا لا يزال الماء يصعد شيئاً فشيئاً برفع اليد وازالها حتى يملأ
 الانبوبة والاسطوانة فينصب من ميزابها كما ترى في الطلمبة الاخيرة من الشكل
 ولما كان ارتفاع الماء بطلمبة السحب متوقفاً على فرق ضغط الهواء للماء
 داخلها وخارجها فلا يرتفع الماء بها الى اعلى من ٣٣ قدماً عن سطح ماء البير
 لان ضغط الهواء لا يرفع الماء الى اعلى من ٣٣ قدماً كما مر (عدد ١٤٥) حتى الاربع
 والثلاثين قدماً لا يبلغها الماء بالطلمبات لان الهواء لا يتفرغ منها تفرغاً تاماً كما
 علمت والمدك لا يمكن تحكيمة على الاسطوانة تحكيماً يمنع كل الهواء من الدخول
 اليها . ولذلك لا ترفع طلمبة السحب الماء اكثر من ٣٨ قدماً فاذا طالت الانبوبة
 او زاد عمق الماء في البير عما ذكر لم تصل هذه الطلمبة لرفعها

(١٨٠) وأما طلمبياً الضغط فلا يرتفع الماء فيها بضغط الهواء



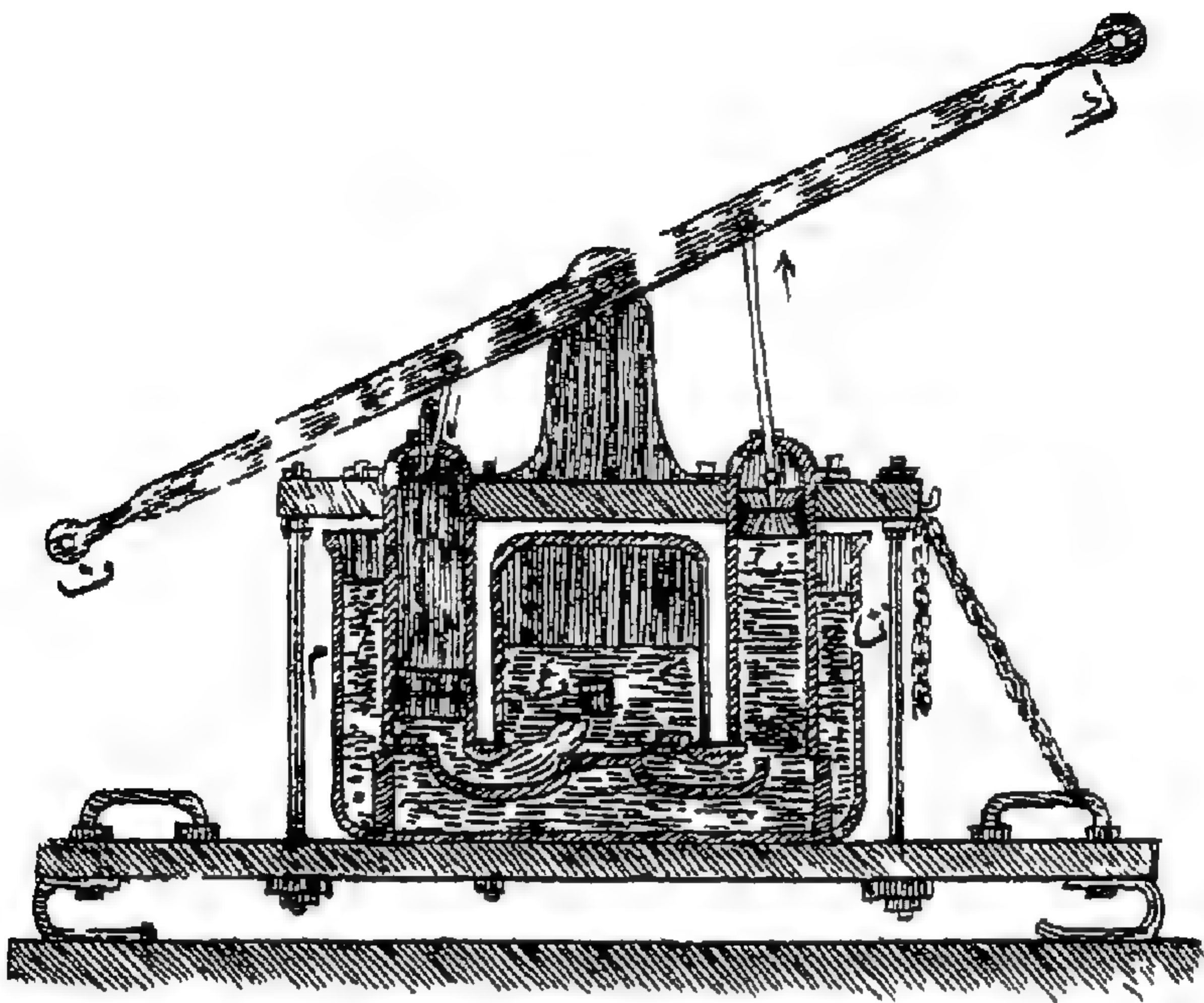
بل بضغط المدك. وليس لها انبوبة تنزل من
اسطوانتها الى البير بل توضع الاسطوانة
نفسها في الماء كما ترى في الشكل ١٠٩. وليس
لها مصراع في المدك كطلمبياً السحب وتختلف
اسطوانتها عن اسطوانة طلمبياً السحب
بكونها ذات انبوبة دو مصراع وبينها وبين
الانبوبة فصلاً عن المصراع من الذي في أسفلها
وكيفية رفع الماء بها ان ينزل مدكها حتى
يمس قعرها ثم توضع في الماء ويرفع المدك فيحمل الهواء
ويترك ما تحته من الاسطوانة فارغاً. فيرفع الماء
المصراع من بضغطه له ويدخل منه الى الاسطوانة.

الشكل ١٠٩

ثم ينزل المدك فيضغط الماء والماء يضغط المصراع من فيطبقه وينضغط هو بين
المدك وقعر الاسطوانة حتى يرفع المصراع والى الاعلى ويدخل انبوبة التفريغ فيتنصب
منها الى حيث يراد. ويتوقف مقدار ارتفاع الماء في هذه الانبوبة على مقدار
ضغط المدك فاذا كان ضغطه جلدًا او احدًا (٥ اليبر على القيراط المربع) ارتفع
الماء ٣٣ قدماً. واذا كان جلدًا من (٣٠ ليبر على القيراط المربع) ارتفع ٤٨ قدماً.
ولذلك يمكن رفع الماء بها من اعمق اريد بخلاف طلمبياً السحب فانها لا ترفع
الماء الا من عمق ٨ قدماً كما تقدم (عد ١٤٩)

ويتضح مما مر ان الماء لا يرتفع في انبوبة التفريغ الا عند تنزيل المدك وان
يبقى في مكانه عند رفعه. فمتى بلغ قعر انبوبة التفريغ لا يتفرغ منها تفرغاً متواصلاً
بل متقطعاً ولذلك تلاقوا سداً هذا الخلل بوضع طلمبتين تدفعان الماء الى
انبوبة واحدة بحيث انه متى نزل مدك واحد يرفع مدك الاخرى على التوالي

فيكون انصباب الماء من الآتوبة متواصلاً كما يشاهد في آلة النار



الشكل ١١٠

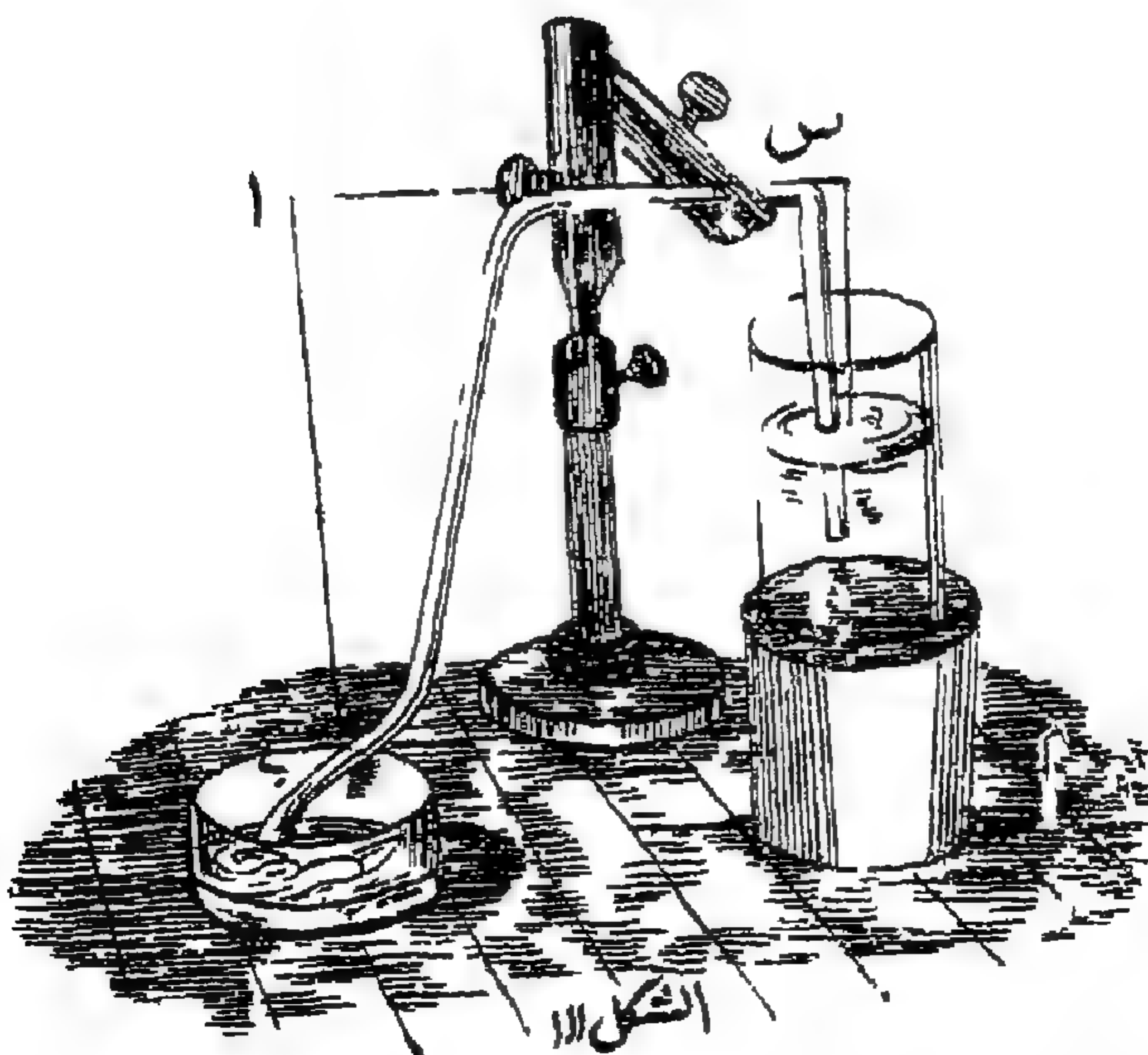
(١٨١) آلة النار هذه الآلة مؤلفة من طلمبتين من طلمبا الضغط ومن في الشكل ١١٠ ووعاء بينهما يشغله الهواء وتتدخل حية في ثقبه ز

وكيفية العمل بها ان يذل الطرف ف من الخشبة ف ك المتصلة بالمدين م ون فينزل المدين ويرفع الماء ويندفع الماء الى الغرفة ر على ما تقدم في طلمبا الضغط (عد ١٨٠) ويجري من الحية الداخلية في ز الآن جرياناً يكون ابطاً من دخول الى الغرفة لسبب المقاومة التي يلقاها من الحية ومن الهواء عند خروجه منها فلذلك يتعالى في الغرفة ويحصر الهواء فيها فينضغط الهواء ويرد الفعل فيدفعه من الغرفة فينصب من الحية واذا انزل المدين واصعد م يفعل الفعل المذكر نفسه ويجري الماء من الحية فينصب الماء منها بانزال الخشبة ورفعها انصباباً متواصلاً ولا ينحفي على الفطن كبقية ترتيب المصاريع وفتحها واغلاقها لكي تنسحب المياه من الخوض المغطس فيه

الآلة وتجري الى الحية - هن اذا كانت هذه الآلة متقنة وعمل بها ثمانية رجال وثب الماء منها الى علو - اقدم - وسميت آلة النار لانها تستعمل لا طفاء البيوت المحترقة ونحوها

(١٨٢) المص - المص انبوبة معكوفة ذراعها الواحد اقصر من ذراعها الاخرى ويستعمل لتفريغ السائلات من وعاء الى آخر ولا سيما اذا اريد اوراق الصافي منها عما يرسب فيمن العكر والكدر وكيفية العمل به ان يملأ من السائل ثم يُسد طرفه الى ان تغرس ذراعه القصرى في السائل المراد تفريغه فيجري متفرقا من فوهة الذراع الطولى كما ترى في الشكل ١١١ ويصير ايضا ان تغرس الذراع القصرى في السائل بدون ان يملأ المص شيئا ثم يمس الهواء من الذراع الطولى فيتفرغ السائل منها الى الوعاء الاخر حتى ينخفض سطحه عن طرف الذراع القصرى او حتى يصير سطحه في الوعاء الواحد على مساواة سطحه في الوعاء الاخر

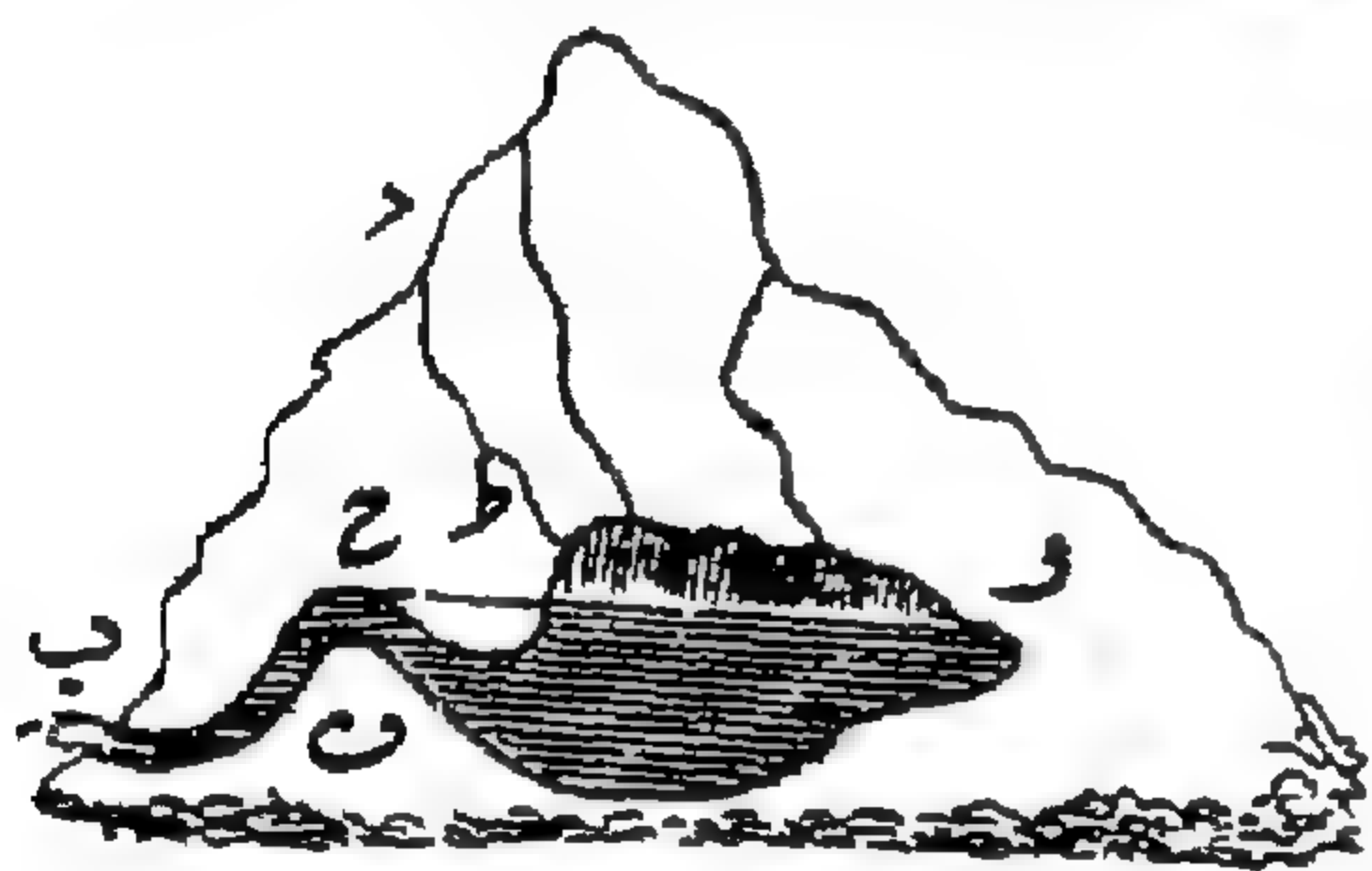
(١٨٣) تغليل المص - لنفرض ان المص (انظر الشكل ١١١) مملوء



ماء وان ذراعه القصرى مغموسة في الماء فلا يخرج ان ضغط الهواء لوجه الماء المغموس فيها الذراع القصرى سدد عمود الماء في الذي فيها - فيكون

الضغط على دالي الأ على يقدر ثقل الجلد الأ ثقل العمود س د من الماء .
وكن للضغط الهوائي ب يستند العمود اب في الذراع الطولي فهو يساوي ثقل
الجلد الأ ثقل عمود من الماء غلظه غلط العمود في الذراع الطولي وعلوه
علو اب . ثم ان س د اقصر من اب فيكون ضغط الهواء على د اعظم مما
هو على ب بقدر الفرق بين طوئيهما فيندفع الماء الى الذراع الطولي بقوة
تساوي الفرق بين ضغط الهواء على الذراعين

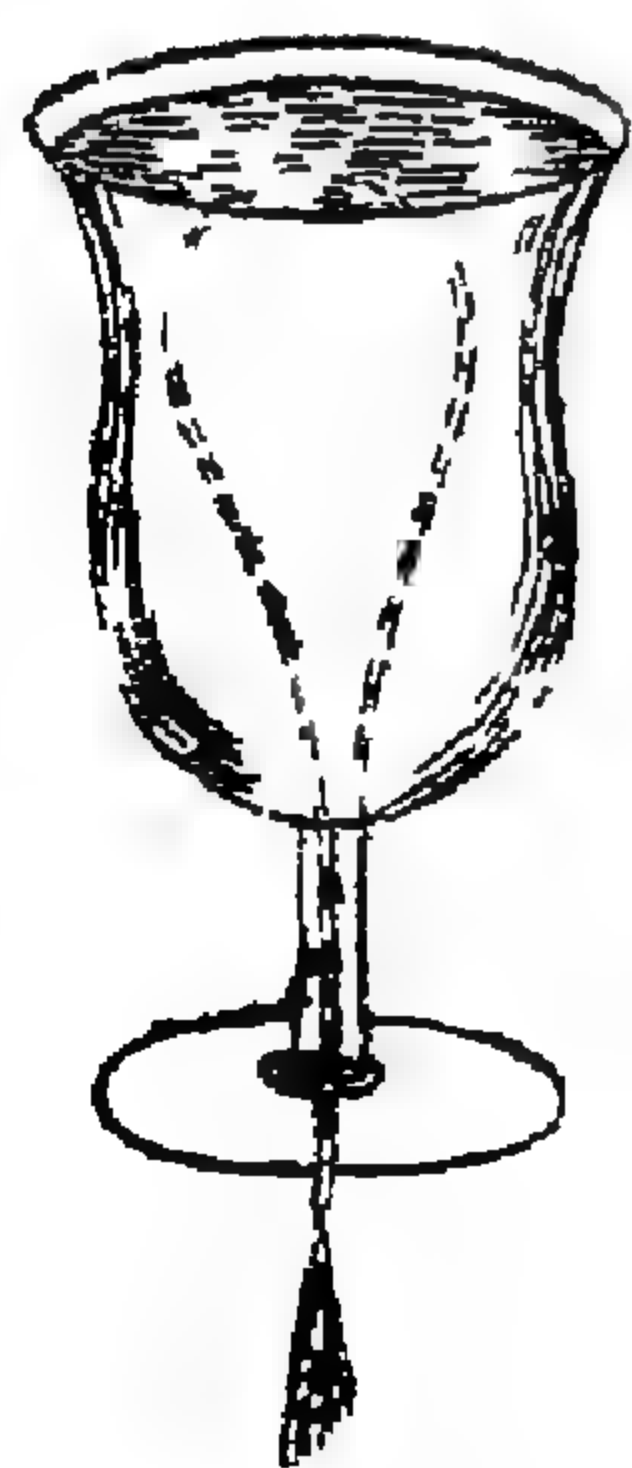
(١٨٣) الينابيع المنقطعة - من الينابيع ما يجري ماءؤه مدقة ثم
ينقطع ثم يجري ثانية وينقطع وحلم جرياً . وسبب تقطع جريته كونها كالمنص
في شكلها كما يتفهم من الشكل ١١٢ وهو صورة شطر من جبل قد قد شطرين
من قسته الى سطحه . فليكن ف و حوضاً تتحلب اليه المياه من اماكن متعده



الشكل ١١٢

من الجبل كما ترى عند د وليكن ف ح ب
مصرفاً له على شكل المنص . فواضح
ان الماء لا يتفرغ منه الا متى صار
على مساواة منحنى المنصوف اعني متى
صار على مساواة السطح و ط ح .

وحيث ان ياخذ في الجريان ويدوم كذلك الى ان يهبط الى مساواة السطح المساك
ف فينقطع حتى يتجمع في الحوض ويصل الى السطح الاول فيجري
ثانية حتى ينقطع وهكذا الى التوالى



الشكل ١١٣

(١٨٥) كأس ثنتايس - من الآلات التي يظهر
عمل المنص وافهما فيها كأس ثنتايس وهي كأس ضمنها
منص كما في الشكل ١١٣ اذ ذراع الطولي خارجة من
قعر الكأس وفوهة ذراع القصري
واصلة الى قعرها . فيصب في الكأس

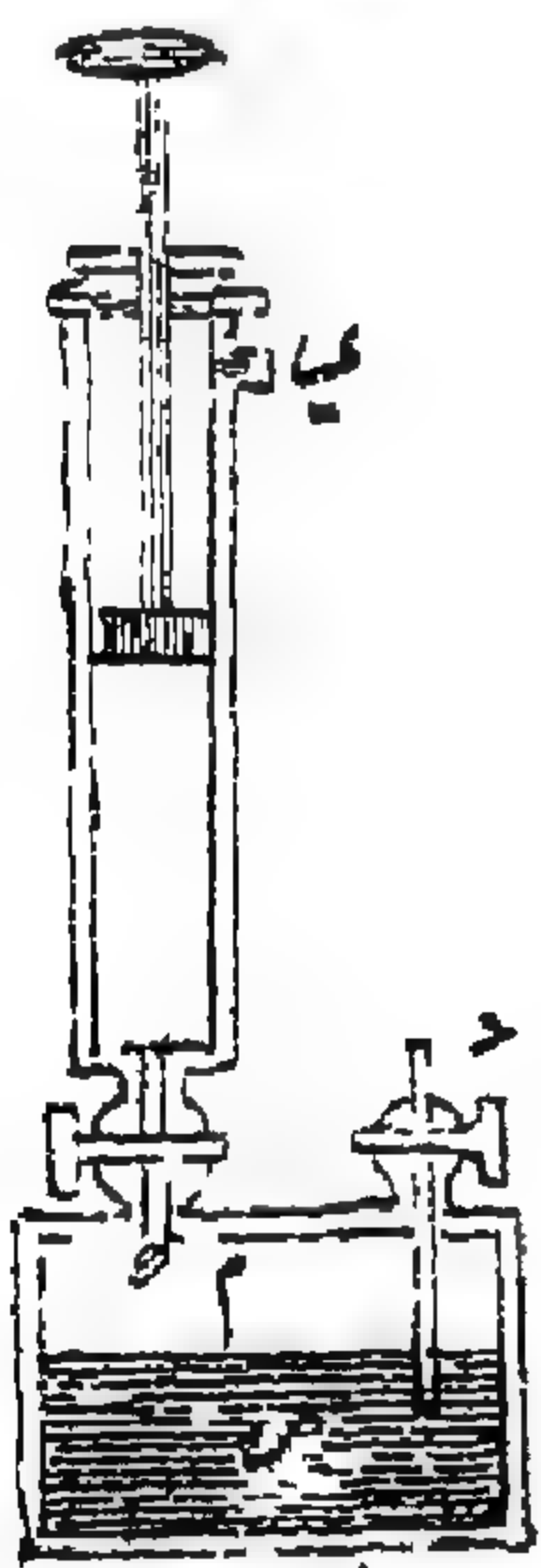
ماء حتى يبلغ منحنى المصن فيصعد في الذراع
القصرى الى المنحنى ويجرى منه وينصب من فوهة الذراع الطولى حتى يتفرغ
كله من الكأس بدوام ضغط الهواء على سطحه



الشكل ١١٣

(١٨٦) الدواة الهوائية — تصنع هذه
الدواة مسدودة الأبليلها فانه يكون
مفتوحاً. ثم تقلب قليلاً حتى يصير من بلبيلها
الى فوق. ويصب الخبر فيها حتى يملأ اكثرها
ويستقر عند و في السبليل (الشكل ١١٢).
فيكون سطحه في الدواة اعلى مما هو في السبليل

لان الهواء المحصور في الدواة بضغط الخبر الذي فيها اقل مما يضغط
الخبر سطح الخبر الذي في السبليل ثم متى كتب بالخبر ينخفض سطحه في السبليلة
عن مساواة وفتدخل فاقعة هواء من السبليلة الى داخل
الدواة وتزيد قوة مرونة الهواء المحصور هناك فيضغط
سطح الخبر حتى يخفضه في الدواة ويرفعه في السبليلة الى
ولا يزال الهواء يفعل ذلك حتى ينخفض الخبر في الدواة
الى مساواة وفتتبر ثانية

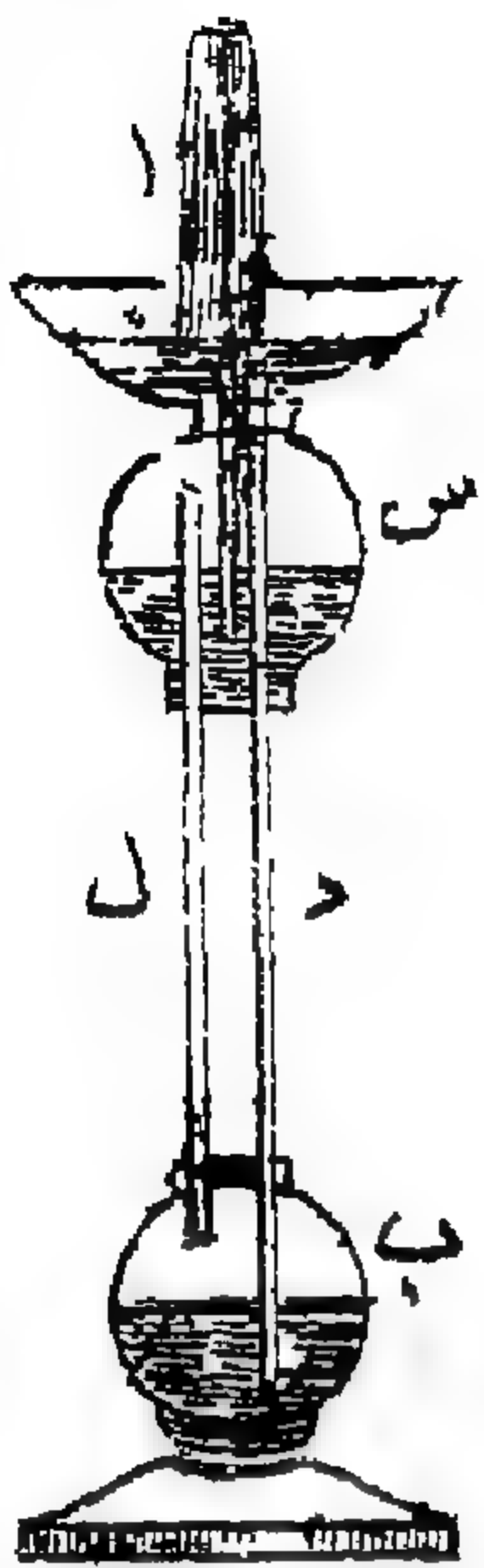


الشكل ١١٤

(١٨٤) الطلمبا الضاغطة هي آلة تستعمل
لضغط الهواء وغيره من الغازات وهي عبارة عن اسطوانة

ذات مدك يدخل فيها دخلاً محكماً كما ترى في الشكل ١١٥ او ثقب ي في
جانبا يقع اسفل المدك عند رفعه ومصراع م في اسفلها يفتح الى الاسفل
كما هو مرسوم. وكيفية العمل بها ان تتركب تركيباً محكماً على وعاء كالوعاء
م و ينزل المدك فيها فيسوق الهواء امامه فيغتم الهواء المصراع م ويدخل
الى الوعاء ثم يرفع المدك فينطبق المصراع م بضغط الهواء له من الاسفل

وعند رجوع الهواء فوقه اذ تفرغ الاسطوانة. وعند بلوغ المراكب الى اعلاها
يبدخل الهواء منى ويشغلها. ثم ينزل المراكب
ثانية فيسوق الهواء امامه ويطرده الى ارض ثم
يرفع فيدخل الاسطوانة هواء جديدا ويدام
العمل على ما تقدم مرحتى ينضغط الهواء فى بقدر
ما يراد. فاذا كان فى الرعاء ماء او سائل
اخر ونحت الحفية يخرج منها بزخم قوى من
ضغط الهواء لوجهه



(١٨٨) نوذرة هيرودس - هي مؤلفة من

الشكل ١١٦

صحن من النحاس فى الشكل ١١٤ وكرتين س و

ب وانبوبة د بين الصحن وانكبة السفلى وانبوبة اخرى ل
بين الكرتين وانبوبة ثالثة بين الصحن والكبة العليا. فتخرج هذه
الانبوبة الثالثة ويصب ماء فى الكبة س حتى يمتلئ بعضها وتترك
الانبوبة الثالثة ويصب الماء من الصحن فينزل الى الكبة
السفلى جارايا فى الانبوبة الواصله بينهما ويطرد بعضا من
هوائها الى الكبة س فى الانبوبة الواصله بينهما. فيضغط الهواء
وجه الماء فى س فيرتفع فى الانبوبة الثالثة ويثب منها مندفعا
كما ترى فى الشكل. وانما سميت هذه النوذرة نوذرة هيرودلان
هيرودا سكندرى اخترعها فى القرن الثانى قبل المسيح

(١٨٩) البلقون الهوائى - هو كبة فارغة تصنع من مادة

خفيفة وتملأ هواء سخنا لطيفا او هيدروجينا فتخف اكثر من الهواء
وتصعد. وكان اول اصطناعه وتجريبه فى فرنسا سنة ١٨٠٤ وجعل
له فى اسفله قربة تحتها قارب معلق فيه ورق وعشب يابس مشتعل

يحمي الهواء فيدخل البلون خفيفاً . فصعد كذا إلى علو ٢٠٠٠ م
برد ثم برد هواؤه فتقل وهبط سريعاً . ولما رأى الفرنسيون ذلك
شرعوا في تحسينه فصنع استاذ منهم يسمى شارل باوناً وملاً هيدروجيناً
وصعد فيه إلى اعلى الجو في سنة ١٨٠٣ م ثم شاع استعماله
وبرع فيه كثيرون

ومن اشهر الذين خدوا العلم به كي لوساك فإنه صعد فيه
إلى علو ٣٠٠٠ م الف قدم عن مساواة سطح البحر حيث هبط البارومتر إلى ١٣٤٠
القيراط ولطف الهواء جداً وقرس البرد واشتد الخفاف واسرع التنفس
ودوران الدم في كي لوساك من شدة لطافة الهواء حتى صار نبضه يضرب
١٢٠ ضربة في الدقيقة عوضاً عن ٧٤ ضربة كما هو المعتاد . ورأى لون الجلد
من هناك اذرق قائماً جلاً . والعلازمة كالبيشر فإنه صعد مع اخو في سنة
١٨٧١ إلى ما بين ٣٤٠٠ و ٣٤٠٠ م قدم من الارتفاع حيث هبط البارومتر
إلى ٤٠٠ م قرأ ربيط ولطف الهواء إلى الغاية واشتد البرد جداً (٧٠) افس تحت
الصفحة) فأغنى عليه ولم يعد يستطيع الرصد

ويصنع البلون الآن من الحرير وقطلى بطلاء يمنع الهواء من نفوذه
ثم يملأ بالهيدروجين او بغاز الفحم ويعلق به قارب يجلس فيه من يركب
البلون ويوصل بالقارب راية ومرساة . ويطلق البلون فيصعد إلى ان
يبلغ علو الخفق الهواء عنده فلا يعود يحمله فيقف هناك حتى تشوقه مجاري
الرياح . ويعلم الراكب حينئذ اذا كان صاعداً او نازلاً من ارتفاع البارومتر
وهبوطه . فاذا اراد الهبوط شد حبله فيفتحه مخرجاً في البلون فيخرج منه
قليل من الغاز فيهبط . واذا اراد ان يجعل هبوطه بطيئاً وان يرتفع ثانية
يفزع من قاربه اكيراً من الرمل يحمله معه لذلك . ويتسهل هبوطه بواسطة
المرساة فانها متى علقت بجسم وشد الراكب بحبلها ينزل البلون إلى الارض

هذا وقد استعملوا البلونات لتجسس حركات العدو وكما فعل الأماصير
كالبون في حروبهم الأهلية وكما فعل الفرنسيون في حصار باريز. فهذا امر
مرافقة اعلى الجلد جميع ما انتفعوا به الى الان

(١٩٠) الوافية . هي عبارة عن قطعة قماش كبيرة مستديرة قطرها
نحو ١٤ قدماً تشد على قضبان كما تشد المظلة؛ فاذا نزلت في الهواء الفتحة
ويجعل في وسطها فتحة حتى يخرج منها الهواء المنضغط تحتها وهي ساكنة
نزولاً سريعاً فلا تهازل الى هنا ولا الى هناك . وهي توصل بالبلون والقاب
معاً فاذا اصاب البلون مصيبة قطع الراكب الحبل المتصلة به فتزل
به نزولاً سريعاً فيقتاومها الهواء فتتفتح فوقه كالمظلة فيتزل سريداً
سريداً الى الارض متقبلاً شر السقوط ولذلك سميناهما بالواقية

(١٩١) المنفاخ - المنفاخ آلة معروفة وهواشكال جميعها سبتية
على ضغط الهواء وبيان ذلك ان يوضع في احدى عارضتي مصراع خستة
الاعدت العارضة العارضة الاخرى عنها اي انفتح المنفاخ ينفتح
المصراع فيدخل الهواء منه ويملا المنفاخ وحتى انطبق المنفاخ
ينطبق المصراع فيخرج الهواء من فم المنفاخ

(١٩٢) الخاتمة - تتسلط على الهواء ثلاث قوتات واحدة منها
ضد ثنتين . وهذه الثلاث هي قوة جاذبية التقل التي بها يلصق
الهواء بالارض والقوة الدافعة عن المركز وقوة الدفع بين الدقائق وهي
القوة الناتجة عن الحرارة وهاتان القوتان هما اللتان بهما يطلب الهواء
الابتعاد عن الارض كان تحتها دافعا يدفعه عنها فلو كانت الجاذبية لفر الهواء
عن الارض وتاه في نواحي الفضاء

واعلم انه لما رأى القدماء ان الهواء يقيم ليشغل الأماكن الفارغة
عللوا ذلك بقولهم ان الطبيعة تكره الفراغ . وعليه جرى المتأخرون في علل

الآلة حتى إذا كانوا يجفرون بيرا بقرب فلورنسا بإيطاليا في القرن
السابع عشر حاروا في أمرهم لأن الماء لم يصعد معهم إلى علو المصراع
السفل في ظلمبا السحب. فسألو الفيلسوف غليليو عن سبب ذلك
فقال لهم بما زحاً أن الطبيعة لا تكو الفراغ فوق ٣٣ قدماً
فكان مزحة عين الصواب

(٩٣) مسائل (ثلاثين) (١) كم وزن عشر أقدام مكعبة من
الهواء. (٢) كم ضغط الهواء لفصية مربعة من الأرض (الفصية
١٦/٢ قدم) كم ضغط الهواء لكاسين من كوز من مكس برجم قطر كل منهما
اربعة قرايريط. (٣) إذا كان ارتفاع عمود الزئبق ٢٨ قيراطاً فكم قدماً
يكون ارتفاع عمود يوازته من الماء. (٤) كم يكون جرم ١٠٠ قيراط مكعب
من الهواء تحت ضغط جلدان (٣٠ ليبرا على القيراط الموتر) (٥) إذا أرفعنا
النار الطويل من المصن سريراً والماء جارية فإلى أين يجري. (٦)
إذا أرفعنا المصن كله كذلك فكيف يجري الماء. (٧) ارتفاع الزئبق في
الباصتر ٩١ قيراط فكم على أي علو يمكن وضع المصراع السفلي من ظلمبا السحب
(٨) لماذا لا نقدر على رفع الماء بالمصن إلى أعلى من سبعة. (٩) إذا
انضغط الهواء في وعاء من آلة النار حتى صار ١٠ أرام من جرمه الأول
فكم يكون صعته لكل قيراط من بر من الوعاء. (١٠) لماذا انتصاعد
المغواقر من قدح الشاي إذا ألقيت فيه قطعة سكر. (١١) إلى أي علو
يرتفع البلون. وكم من الثقل يحمل. (١٢) الهواء يخف فيهب الزئبق في
البارومتر عند اضطراب الطقس ويثقل فيعلو الزئبق عند صحوه فما سبب
ذلك. لأنه في الصحو تمتزج الرطوبة بالهواء بصورة بخار غير منظور فزيد
ضغطه فيعلو البارومتر وأما في النوء فتتفصل الرطوبة عن الهواء وتتحول
إلى سحاب ومطر ونحوها فيخف الهواء فيهب البارومتر. (١٣) أ يكون الهواء

لطيفاً أم كثيفاً إذا صعد الدخان من المدخنة صعوداً عمودياً. (١٥) لماذا إذا
لا تستقر بثقل الهواء علينا. (١٦) هل تكون القذينة فامرغة وهي ملاقة هواء
(١٦) لماذا يستثقل الممتلئ في الأرواح حال المدغافية. جـ. لأن الهواء كما يرتفع
من تحت اقل من أثقل ضغطه لبراطها من الأسفل ولذلك تستقر بثقله عليها
من الأعلى. (١٨) كيف يؤثر تغير كثافة الهواء في الذين يصعدون في البلمون
إلى علو عظيم والذين يصعدون على قمم الجبال الشاهقة. (١٩) كيف يؤثر
تغير كثافة الهواء في الذين يغوصون ببنافوس الغواصين. (٢٠) على
أي سبب يمكن سفق القطر بفضلة. (٢١) قد يتعطل المنفاخ
وهو جديد فما هو سبب ذلك. (٢٢) لماذا ينطق القنديل إذا
سددت فم زجاجته. (٢٣) لماذا يستصعب الإنسان قطع النفس
طويلاً. (٢٤) إذا امتلأت قنينة ضيقة الحلق بماء وقلبت بسرعة
فلماذا لا ينصب الماء منها. (٢٥) هل يلزم أن تكون أنبوبة البارومتر
متساوية التخن في كل أقسامها. ولماذا. (٢٦) لماذا
لا يدخل الماء الجوة
إذا اقلبت فيه
على فمها



الباب السابع

في السميات

الفصل الأول

في الصوت وانتقاله

(١٩٢) تمهيد: السميات فن يبحث فيه عن الصوت ونواميسه .

قبل التكلم عن الصوت نقول: اتفق علماء هذا الفن على ان دقات الأجسام متحركة على الدوام والذي حملهم على الاتفاق على ذلك هو سهولة تعليل الحوادث الطبيعية به وليس انهم شاهدوا حركة الدقائق أو اثبتوها بالبرهان القاطع ولكنهم لا يعرفون شكل تلك الحركة فربما كانت في خطوط مستقيمة ومنحنية ذهابا وإيابا وربما كانت دائرية فتحرك بها الدقيقة حول محورها أو حول غيرها وربما كانت ناتجة من هذه الحركات كلها معا أو من بعضها فاذا وقعت هذه الحركة أو هذه الاهتزازات على الأذن حصل منها الصوت واذا وقعت على العين حصل منها النور واذا وقعت على الأعضاء اللامسة حصلت منها الحرارة وذلك بشرط ان تكون على درجات معلومة من السرعة فيتنوع ادراك النفس لهذه الاهتزازات بحسب القوى التي بثها الله في مشاعر الناس

(١٩٤) الصوت: الصوت اهتزاز في دقات الأجسام ينتقل الى الأذن فتشعر به. والدلائل على ذلك كثيرة منها: اننا اذا ملأنا كأسا من الزجاج ماء الى نصفها وبللنا اصابعنا بالماء وفركنا جوانب الكأس حتى تصوت رأينا

ان الماء يضطرب فيها حينئذ قليلا وما ذلك الا من اهتزاز ذائقها. واذ
قرعنا جرسا او جسما اخر حتى يرن ولمسناه بالانامل شعرنا باهتزاز واضح فيه. و
اذا شد دنا وتر او جرسا عليه قضيبا اهتز واسمع لاهتزازة صوتا.



الشكل ١١٤

واذا ضربنا مقياس القرار بحجم صلب تهتز ذائقه فيحدث من اهتزازها
صوت رنان. ثم اذا ادنيناه من وجوهنا شعرنا بنسيمات الهواء التي يدفعها
باهتزازة واذا وضعنا مقبضة بين اسناننا شعرنا باهتزازة جيدة. واذا وصلنا
قطعة من المعدن محددة الرأس بشعبة من شعبيه كما في الشكل ١١٤ ا
شعبيه على وجه زجاجة مدبضة يرسم خطا متعرجا يدل على اهتزازاته وعلى عرض
كل منها من طرف تعريجه الى طرفها الاخر

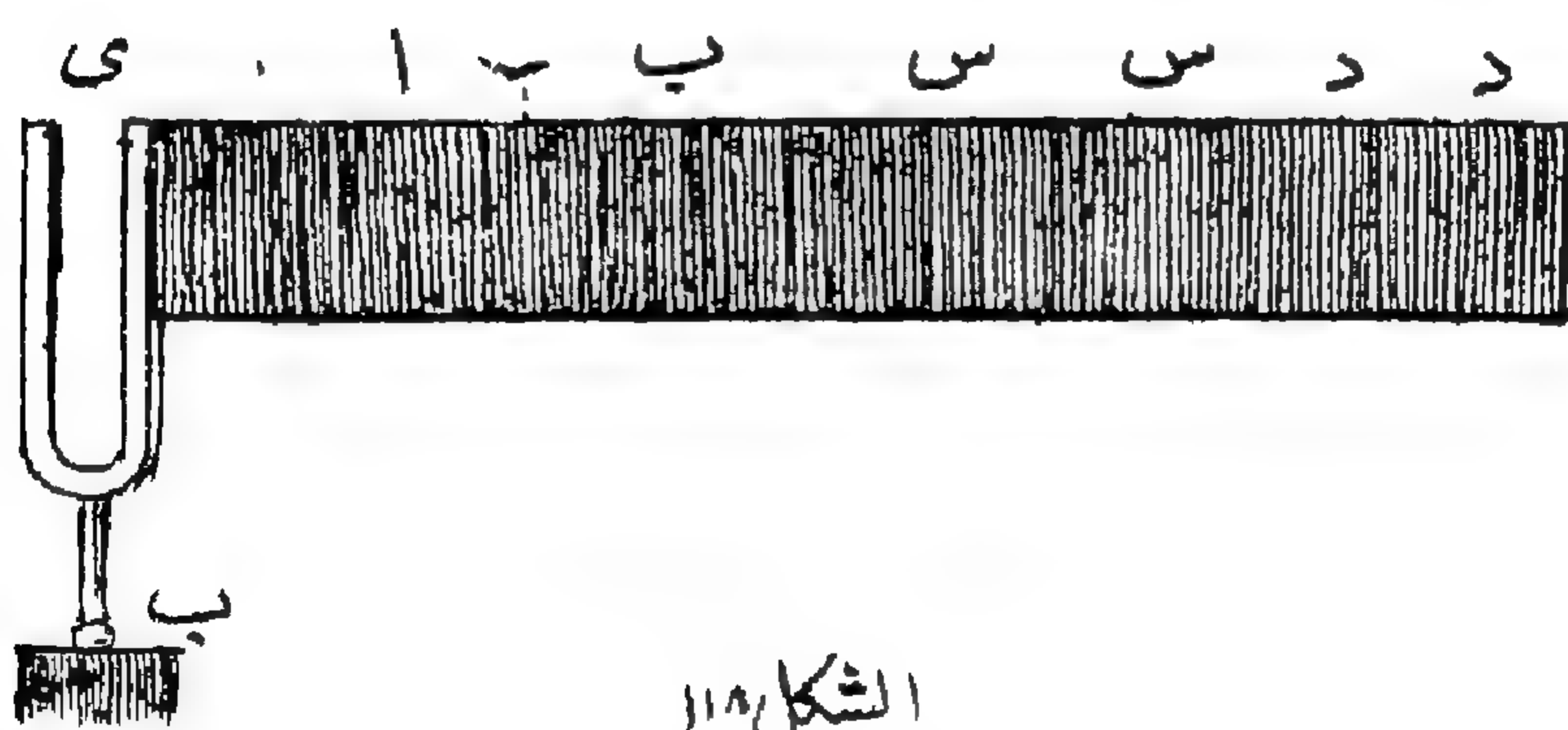
فيتضح من هذه التجارب ومثالها ان الاجسام اذا قرعت تهتز ذائقها فيحدث
الصوت من اهتزازها. ويسمى الجسم المهتز المحدث للصوت الجسم الصائت والجسم
الناقل للصوت الى الاذن وهو الهواء غالبا الموصل. ويكون مرئادا. فاذا قرعنا
جرسا فالجرس هو الصائت والهواء الموصل.

(١٩٤) انتقال الصوت في الهواء. قلنا ان الصوت يحدث من اهتزاز
ذائق الاجسام وان موصله يكون مرئادا. فانتقاله في هذا الموصل لا بد ان
يكون بتموج ذائقه. ويتضح ذلك من مقياس القرار والقطعة المحددة المتصلة
باحدى شعبيه (الشكل ١١٤) فانه اذا ارت المقياس تهتز القطعة المحددة
فتتقدم ذائقها قليلا ضد اعطاء الهواء اياما مهملة ترجع تاركة ما بينها وبين
الهواء المضغوط هواء لطيفا ولا تزال تتقدم وترجع كذلك حتى لا تعود

اهتزازاتها كافية لأحداث الصوت.

فيحدث من كل اهتزازة من اهتزازاتها موجة من امواج الصوت وهذه الموجة مؤلفة من هوائيكات وهو متلطف فينزل الهواء المكاث من موجة الصوت منزلة راس الموجة من موجة الماء (١٥٣) وينزل الهواء المتلطف منها منزلة المطمئن من موجة الماء. ويقاس طول موجة الصوت من كثافة الى كثافة او من تلطف الى تلطف ترى صورة امواج الهواء في الشكل ١٨

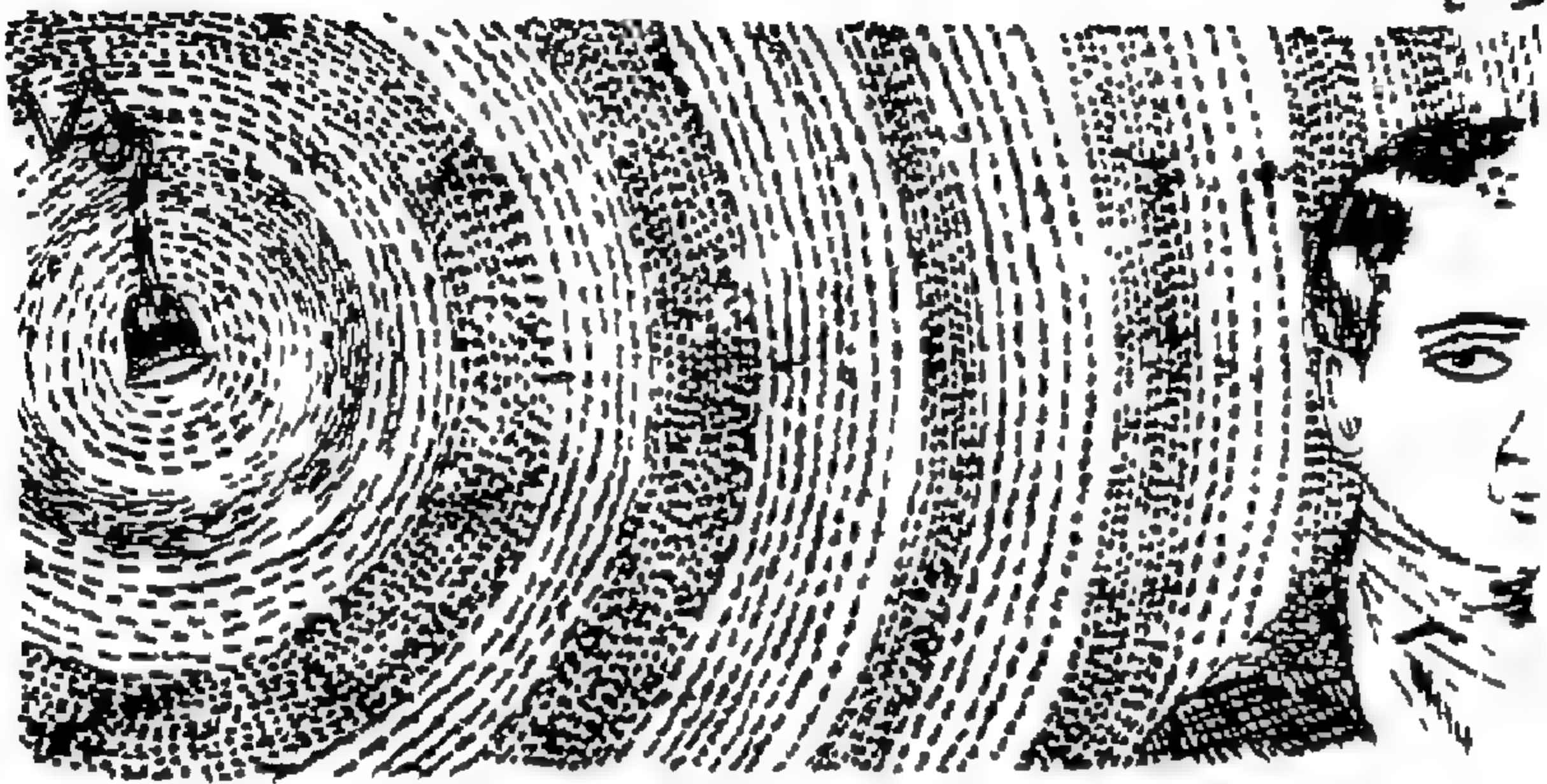
فالأجزاء المائلة السوداء ب س تدل على التكاثرات من الامواج والأجزاء الحقيقية السوداء ب س تدل على التلطفات منها. اذا اطلقنا مدخعا فالغازات التي تتولد من الباروت تبدد بعتة فتضغط الهواء الذي حولها حتى يصير كأنه كرة مجوفة باطنها فارغ ومحيطها هواء مكاث. وهذه الكرة تضغط الهواء الذي حولها فتصير كرة مجوفة أكبر منها وترجع هي بمرورها فتصير لطيفة. والكرة الثانية تضغط الهواء الذي حولها ايضا فتصير كرة أكبر منها وترجع هي بمرورها وتلطف فينتقل صوت المدفع بتموج الهواء موجات مكاثفة فتلاطفة حتى تزول. غير ان دقائق الهواء لا تنقل من مكانها بالتموج الا قليلا كما ان دقائق الماء لا تنقل في الامواج من مكانها الا بقدر علو الموجة (عد ١٥٢) اما دقائق الماء فتتحرك متحركا سميتاى طالعا ونازلا واما دقائق الهواء فتتحرك متحركا افقيا اى انها تسبق وتتاخر في جهة التموج ولا ترتفع وتهبط.



الشكل ١١

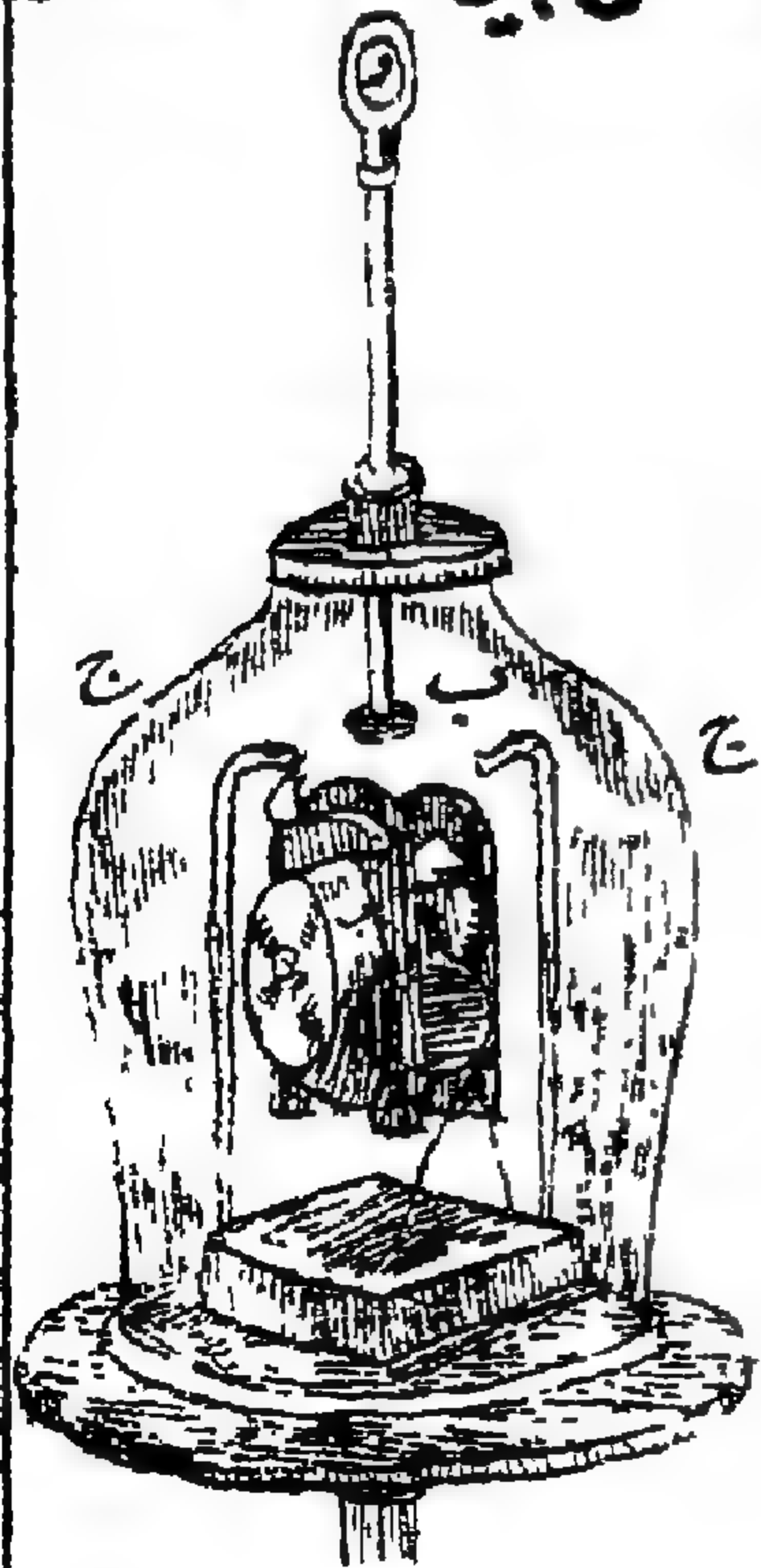
وإذا دُق الجرس تحت رذايقه فتقدم قليلا وتدفع الهواء المباشر لها وتضغطه فتكتشف
ثم ترجع فيلحقها قسم من دقائق الهواء الملازمة لها فقط ولذلك يكون بينهما وبين الهواء
المتكاثف هواء متخلط فيحصل منها موجة قسم متخلط وهو الملازم لدقائق الجرس وقسم
متكاثف وهو ما يليه وهذا القسم المتكاثف يتقدم قليلا فيضغط الهواء المباشر له ويكتشف ثم يرجع

هو ويتلطف فيحصل من ذلك موجة أخرى قسم منها كثيف وقسم لطيف . وعلى ما تقدم ينقل صوت الجرس بهواء يتكاثر تارة ويتباطف أخرى الشكل ١١٨ حتى يصل الى الأذن فتشعر وإذا تكلمنا لانلفظ الهواء من الرئتين الى أذن السامع وإنما تكثف بهما الهواء المباشر فواضنا وهذا يكثف ما حوله فتحدث من ذلك أمواج صوتية مستديرة تنتقل حتى تقع على ^{مطين} الأذن ^{عطين} فيسمعون كلامنا . وهذه الأمواج مستديرة مثل الأمواج المستديرة التي تحدث في الماء من إلقاء الحجر فيه .



الشكل ١١٨

١٩٤ الصوت في الفراغ : إذا لم يكن موصل بين الجسم المهتز والأذن فلا يسمع له صوت . ولذلك إذا راق الجرس في وعاء قد تفرغ الهواء منه لم يسمع صوت رنينه مع أنه يهتز والهواء لا يزال موجودا خارج الوعاء .



وهذه صورة آلة يمتحنون بها ذلك (الشكل ١٢٠) هي قابلة من الزجاج ج ج داخلها جرس ب ودوايب فتحرك الدوايب بالقضيب وتترك الجرس . فإذا تفرغ الهواء حيفت من القابلة بمفرغة الهواء لم يسمع للجرس أصوات خفيفة ولو وضعت الأذن بلمس القابلة وطأ تلطف هواء القابلة بتفريخه منها صوت الصوت حتى

(الشكل ١٢٠)

ينقطع تماماً في الفراغ الكامل ولذلك لا يصل صوت النجوم (١) إلى الأرض فتجوى الدداری في أفلاكها ولا يسمع صوتهم كما قال داود النقي. وقيل إن صوت لبندقيه على رأس الجبل الأبيض ليس قوسه من طففة الحجر وأنه يعسر التكلم عليه لأن الناس لا يسمعون بعضهم بعضاً هناك إلا بالصوت الجهر من لطافة الهواء وكلما كثفت الهواء اشتد الصوت فالذين ينزلون إلى المناجم العميقة أو يقومون في ناقوس الغواصين لا يطبقون الكلام ولو وشوشة لا شداد الصوت عندهم من كثافة الهواء (١٩٨) انتقال الصوت في السائلات والجوامد: إن الهواء هو موصل صوت إلى الأذن غالباً وإنما قلنا غالباً لأنه قد يوصل بغيره أذ جميع المواد المرغورية غازية كانت أو سائلة أو جامدة تصلح لنقله كما يتضح مما يأتي.

إذا قرعنا القابلة المذكورة (عدد ١٩٤) من الهواء حتى لا يسمع صوت رنين الجرس فيها ثم عدنا فملأناها غازاً أيّاً كان سمعنا رنين الجرس وكذلك إذا قرعنا حجرين في الماء سمعنا صوت قرعهما جلياً وإذا غاص غائص في البحر وقع له جرس عن بعد في الماء سمع صوته. وإذا خمش بالقلم على طرف قضيب من الخشب أو الحديد وجلس رجل يسمع على الطرف الآخر يسمع صوت الخمش ولو كان طول القضيب ٣٥ ذراعاً. وكذلك من يضع أذنه بلصق الأرض ليلاً يسمع صوت همس الأقدام عن بعد والظاهر أن الكلب يشعر بقدم الأجنبي من بعيد من وضع أذنه بلصق الأرض. كذلك أصوات البداكين تسمع عن بعد عظيم بانتقالها في الأرض الجامدة.

(١٩٩) سرعة الصوت على الإطلاق: تتوقف سرعة الصوت على مرونة وكثافة الوسط الذي ينتقل فيه. فكلما زادت مرونة الوسط استمرت أمواج الصوت في الانتقال فيه لأن المرونة تعمل في الدقائق عمل الزنبرك المشدود وكلما زادت كثافته كثرت الدقائق المهتزة فتنبط أمواج الصوت في الانتقال فيه. ويصير ما تقدم على جميع الأجسام كما ستري.

(٢٠٠) سرعة الصوت في الهواء: كلما بعدت المسافة بيننا وبين الجسر الصامت تباطأ الصوت في الوصول إلينا. فإذا وقفنا بجانب قطاع

(١) لا يمكن أن يكون بين السيارات مادة على غاية اللطافة فلا تسمع صوتاً وهي مسكنة ثم ينزل الخلاع جاريها.

حطب سمعنا صوت الفأس حال وقوعها على الحطبة وأما إذا ابتعدنا عنه فترى
الفأس تقع على الحطبة أولاً ثم نسمع صوتاً بعيداً ذلك. وإذا أُطلق مدفع بجانبنا
رأينا نورا طلائفه حالما نسمع صوته وأما إذا أُطلق بعيداً فترى نورة أولاً ثم
نسمع صوته لأن الصوت يحتاج إلى زمان حتى يصل من المدفع إلينا وأما الضوء
فلا وقد وجدوا بالتجربة أن سرعة الصوت في الهواء ١٠٩ قدم في الثانية إذا
كانت حرارة الهواء على درجة الجليد (٣٢) فارنهيت

وتزيد سرعة الصوت كلما زادت حرارة الهواء لأن الحرارة تقلل كثافة الهواء ولذا كلما
يزيد الصوت سرعة في أيام الحر عما يكون في أيام البرد ومقدار هذه الزيادة نحو قدم واحدة كلما
زادت الحرارة درجة واحدة بترمو متر فارنهيت. وهذا لما كانت سرعة الصوت تقل في الأجسام
الكثيفة وتزيد في اللطيفة فسرعة في غاز الحامض الكربونيك ٨٣٦ قدم في الثانية وفي الأكسجين ١٠٣٠
قدم في الهيدروجين ١٢٧٣ قدم وكلها في الثانية إذا كانت حرارة الهواء على درجة الجليد
(٣٠١) سرعة الصوت في السوائل والجوامد * سرعة في الماء ٣٤٠٨
أقدام في الثانية ولو كانت مرونة الماء مرونة الهواء لكانت سرعة الصوت فيه
أقل من سرعته في الهواء لأن الماء أثقل منه. ولكن مرونة الماء أقل من مرونة
الهواء بمقدار يجعل سرعة الصوت فيه أكثر من أربعة أضعاف سرعته
في الهواء. وأما سرعة الصوت في الجوامد فأعظم من سرعته في الهواء ويتضمّن
ذلك ما إذا وضع الإنسان أذنه على طرف قضيب من الحديد وضرب إنسان
آخر طرفه الثاني بمطرقة فيسمع المصفي صوتين متعاقبين الأول أتيا على الحديد
والثاني على الهواء.

وقد وجدوا سرعة الصوت في الحديد ٦٨٠٠ قدم وفي النحاس ١١٦٠٠ قدم ونحو عشرة
أمثال سرعته في الهواء وفي السنديات ١٠٩٠٠ قدم وكلها في الثانية.

(٣٠٢) أن سرعة كل الأصوات متساوية * كل الأصوات المنتقلة على

موصل واحد تتقل بسرعة واحدة سواء كانت عالية أو منخفضة حادة أو ليّنة.

ودليل ذلك أننا نسمع اللحن عن بعد بجميع انغماسه كما نسمعه عن قرب ويبقى
الطن فيه واحداً مهما تعددت اصوات المغنين وزاد البعد. وامتنع ذلك
ايضاً بأن غنى بعضهم بالفلوت عند طرب انبوبة طولها اكثر من نصف ميل
واصغى آخرون عند طرفها الاخر فلم يجدوا في اللحن اختلاطاً ولا اضطراباً
وعليه قيل ان قصيف الرعد لا يسبق في السرعة وشوشة الطفل ولا زنده النعنة
الا ان هذا الحكم لم يثبت بالاستقراء وانما هو رآته لا يصح إطلاقه. قال ملت انه حشاها
الفى لبيرامن البارود واطلقها فكانت سرعتها صوتها ١٠٠ قدم ما في الثانية ثلثها ١٠٠
الف لبيروك انت سرعتها ١٢١٠ قدم ما في الثانية. وقال القبطان پرى كنت
وما بعيدا عن السفينة ونحن مسافرون نحو القطب فسمعت صوت اطلاق مدافع الغروب ثم
سمعت صوت الامر باطلاقه. فلذلك يدل على ان الصوت الشديد يسبق الضعيف خلافاً
لما تقدم ٢٠٣ استعلم البعد من سرعة الصوت. قلنا ان سرعة الصوت في الهواء
١٠٩٠ قدم ما في الثانية (عد ٢) فاذا رأينا فأس الخطاب تقع على الخطب ثم سمعنا
صوتها بعد ثمانية علمنا ان الخطاب يبعد عنا الفاً وتسعين قدماً. واذا
رأينا البرق ثم سمعنا الرعد بعد ٤ بخمس ثوانٍ علمنا ان الصاعقه نزلت على
بعد ٥٧٥٠ قدماً ١٠٩٠ × ٥٧٥٠ قدماً

تستعلم الثواني التي تمر بين وميض البرق وهزم الرعد من عقرب الثواني في الساعة او
من ضربات النبض والمقادير تحسب سرعة الهواء ١٢٠٠ قدم ما في الثانية لان هذه سرعته على
درجة ٦١ ف وهي معدل حرارة الهواء تقريباً. ويندر ان تكون حرارة الهواء على درجة الجليد
٢٠٣ شدة الصوت. ان شدة الصوت تزيد وتقص على ما ياتي
اولاً ان شدة الصوت متوقفة على سعة اهتزازة.

سعة الاهتزاز هي الفسحة التي تتحرك فيها دقائق الجسم الصائت ذهاباً واياباً وهذه كلما
زادت زادت سرعة الدقائق كما ان سعة الرصاص كلما زادت زادت سرعة خطوته. و
كلما زادت سرعة الدقائق زاد زخمها لان زخم الجسم يساوي سرعته في ثقله (عد ٤٠)

وشدة الصوت انما هي عبارة عن مصادمة دقائق الهواء لاذن السامع بزخم عظيم فاذا اذا زادت سعة الاهتزازات زادت شدة الصوت واذا صغرت السعة ضعفت الصوت . ثم ان دقائق الهواء تكون على قمم الجبال الشائخة اقل مما تكون على سفوحها لان هواء القمم لطيف من هواء السفوح . فاذا انتقل الصوت على هواء القمم الشائخة لا يصيب الاذن الا دقائق قليلة من دقائق الهواء فيكون زخمها ضعيفا والصوت كذلك .

ثانيا . ان شدة الصوت ثقل بقدر ما يزيد مربع البعد عن الجسم الصائت وذلك لان الصوت ينتقل في امواج كالكرات المجرودة رعد ١٩٦ ، فكلما كبرت الكرة كثرت الدقائق التي يلزم هوائها لتضعف الاهتزازات لان عين القوة التي في القرب تحرك الدقائق القليلة في الكرة الصغيرة توزع في البعد على الدقائق الكثيرة في الكرة الكبيرة . ويبرهن في الهندسة ان سطوح الكرات مناسبة لمربعات انصاف اقطارها . ونصف قطر كرة الصوت هو بعد ها عن الجسم الصائت الذي يحسب مركزها . فاذا القوة التي تقدم بها دقائق الهواء المهتزة اذا انتقلت كزيادة مربع بعدنا عن مصدر الصوت الذي اهتزت به اي ان شدة الصوت ثقل كزيادة مربع بعدنا عن الجسم الصائت (١) .

وتوضح هذا الحكم بالتجربة ايضا فاذا صنفا خمسة اجراس من حجم واحد وصوت واحد وضعنا اربعة منها على بعد ٢٠ ذراعا عنا وواحد على بعد عشرة ذرع وقرعناها وجدنا صوت القريب منها يساوي اصوات الاربعة الاخرى في الشدة وذلك لان بعد المضاعف بعدة وصوتها يضعف بقدر مربع ذلك المضاعف اي $2^2 = 4$ اعني ان صوت الجرس الواحد منها يساوي ربع صوت الجرس القريب فصوت الاربعة معا يساوي صوته

ثالثا . ان شدة الصوت تتغير بحسب حركة الهواء واتجاه الريح . فاذا كان الهواء هادئا سهل انتقال الصوت فيه اكثر مما لو تحرك . واذا كان متحركا اشتد الصوت في جهة الريح فاذا خاطب شخص شخصين حينئذ الواحد على جانب منه والاخر

والاخر ان الهادئة والنور والحرارة تجرى مجرى الصوت ايضا فتقضى بزيادة مربع البعد فما يصدى على احد ها من هذا القبيل يصدى على الاخر . ويستدل من نوايسها بالادلة البينة على ان واضعها واحد ويجريها على سبيل واحد

على الجانب الآخر وكلاهما على بعد واحد منه كان صوته أشد عند الذي تحمل الريح الكلام اليه .

رابعاً . ان شدة الصوت تتوقف على قرب الجسم المصنعت من الأجسام الثابتة

فإذا جعلنا خطاً يهتز في الهواء عيرون ان يتقارب جسماً رناناً كان صوته ضعيفاً وأما إذا

جعلناه يهتز بقرب قيثارة أو رباب اسمع صوتاً شديداً .

(٢٠٥) انابيب التكلم . هي انابيب توضع في الابنية الكبيرة بين غرفة وأخرى حتى اذا اراد

الإنسان ان يكلم غيره يكلمه وهو في مكانه بوضع فمه على فم الانبوبة فيسمع الآخر بوضع اذنه على فمها الآخر

والفصل الصوت الى اذن السامع انه يحصر في الانبوبة فلا يتبدل ولا تقل شدته بل يجري

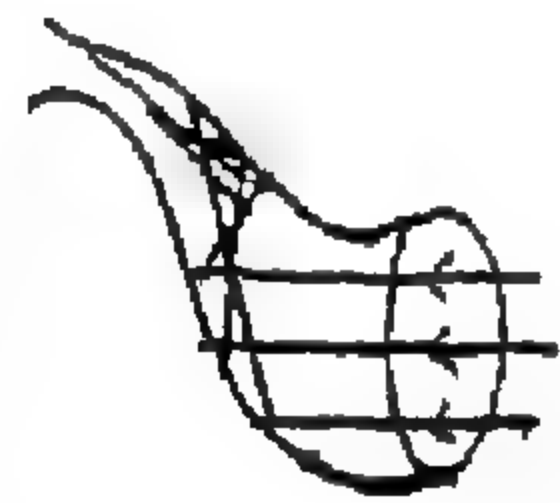
الى البعد مما يجري بدونها . قال بوانه كان يتكلم مع غيره في انبوبة طولها ٣٢٠ قد ما يباريس

ويسمع اضعف الاصوات .

(٢٠٦) القرن السمعى وقرن التكلم والمستقصية . القرن السمعى انبوبة تنتشر من الاسفل

كالجرس يوضعها الثقيلوا السمع على آذانهم فتجمع اليها امواج الصوت وتزيد شدته فيسمعون

(الشكل ١٢١) قرن التكلم هو بوف العسكر المعروف بالنفير ويوصل الصوت الى بعيد لانه ينفخ



بسبب اهتزاز دقائق الهواء فيه وانعكاس امواج الصوت عن جدرانها و

خروجها منه في خطوط موازية لمحورها . والمستقصية من اجود الآلات

السمعية وهي اسطوانة من الخشب الفأسى طولها نحو قدم وعرضها

عند طرفيها الواحد ١/٢ اذيراط ومثقوبة من الطرفين لواحد الى الآخر فيضع الطبيب

طرفاً منها على موضع الموضع من المريض والطرف الآخر على اذنه

فيعرف من الصوت الذي يسمعه بها وجود البور في الضمة

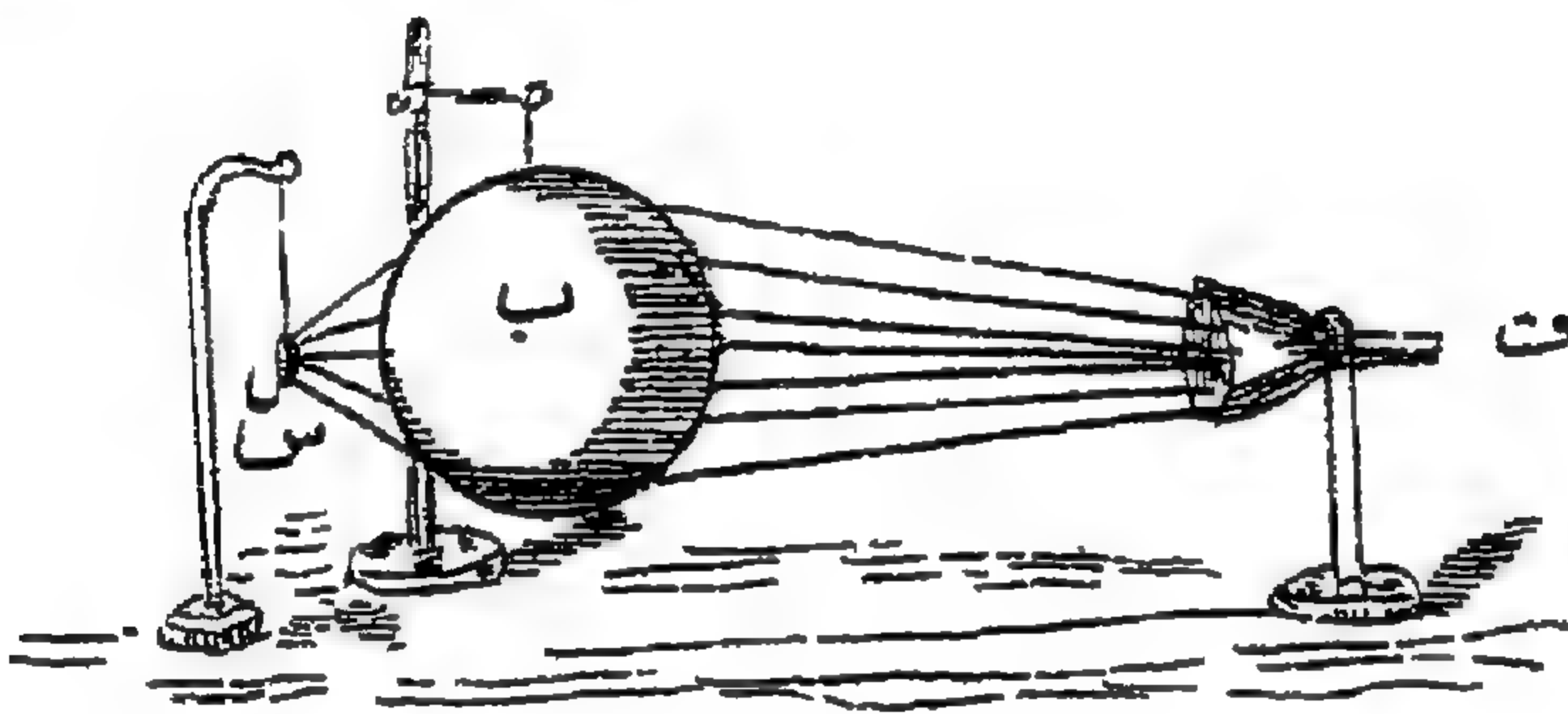


الفصل الثاني

في انكسار الصوت وانعكاسه

(٢٠٧) انكسار الصوت: اذا انفذت موجة من امواج الصوت سطحين او اكثر كما اذا انفذت الماء ثم الهواء مائلة عليهما انحرفت عن طريقها الاول وسارت في طريق اخرى كأنها انكسرت عن استقامتها. وذلك ما يقال به انكسار الصوت وعليه يمكن تكبير الصوت وجميعه في نقطة واحدة كما ترى.

خذ زقاستديرا من المغيط الرقيق ب في الشكل ١٢٢ واملاءه غاز الحامض الكربونيك



الشكل ١٢٢

ثم علق تجاهه ساعة وس وضع قبالة على الجانب الآخر سماعات وضع اذنك على طرف القمع عند ف فسمع تلك الساعة هناك فقط. واذا رفعت اذنك او خفضتها انقطع الصوت عنك وذلك لان صوت الساعة انتقل في الهواء حتى اصاب الزق فلما نفذت ونفذ غاز الحامض الكربونيك الذي فيه انكسر فانحرفت عن طريقه واجتمع اخيرا في ف ودخل الاذن عنده ف كما ترى في الخطوط الخارجية من س قبل وقوعها على الزق وبعد خروجها منه.

(٢٠٨) انعكاس الصوت: قد تقدم ان الصوت ينتقل في الهواء على شكل الكرات المجوفة رعدا ١٩٦ فاذا لم يعرض لهذه الكرات عارض لا تزال تنتشر حتى. واما اذا عارضها حاجز فانه يصدها عن السير فتدفع عن طريقها

الاولى منعكسة عنه وتسير في دوائر مركزها خلف ذلك الحاجز كما ان كرة اللعبة ترجع منعكسة اذا صدمت حائطا. وذلك ما يقال له انعكاس الصوت وهو يجري على ناموس انعكاس الحركة اعني ان زاوية الوقوع تساوي زاوية الانعكاس. ويتضح ذلك مما يأتي من الامثلة.

روى العلامة تندرل ان اهل هليغولند اقاموا جرسا على تل بعيد عن مدينة علم يستطيعوا سماع صوته فوضعوا خلفه مرآة ^{دا} تعكس صوته نحو المدينة فصاروا يسمعون له واضحا. ويجري مجرى هذه المرآة القريب والسقوف والجدران المقعرة التي تبني في الكنائس والجوامع ونحوها لتعكس صوت المتكلم نحو السامعين بدون ان يتبدد. ومما يذكر هنا ما رواه العلامة يومنا هيرشل عن كنيسة في سيسيليا هو ان قبتها كانت مبنية بحيث تعكس كل ما يقال في محل الاعتراف الى بقعة بعيدة عنه وكان بناء ذلك عن غير قصد فاتفق ذات يوم ان رجلا اكتشفه فجعل يتردد هو ورفقاؤه الى البقعة ويسمعون فيها اعترافات المعترفين فانت زوجته يوما لتعترف وكان هو ورفقاؤه يسمعون كبارهم عا دتم فسمع منها مورا لم يتخطر له على بال فانصرفت وقد اصابه من الكمد والغيط ما زاد عن الشراحة بالكشافه. وعلى هذا النمط بنى ديويسبوس الظالم ملك سرقوسة سجنه المعروف بأذن ديويسبولانه كان ينقل الى اذنه كل ما يتكلم به المسجونون فيه. ومثله غر الشوشة وهي غروف مصنوعة على شكل اهليلج حتى انه اذا وقف شخصان في محترقين منها ووشوش الواحد الآخر فهو كلامه والذين بينهما لا يسمعون شيئا منه. يوحى منها في باريس ونيويورك ووشطون. وعليه اذا كان سطحان مقعران ككهفين في بستان او عقد بين على جانبي سوق فقد يمكن للذين يقفون في بؤريتهما ان يوشوشوا بعضهم بعضا وغيرهم ليصيح في ما بينهم. قيل ان قلع قارب قعرته الريح مثة على شكل انه صار يجمع الصوت الى محترق سُمع به جنوس عن بعد مئة ميل في البحر.

دا، ليس المراد من المرآة هنا الجسم المعروض من الزجاج وانما المراد بها جسم من النحاس او حرة مقعرة حتى يعكس الصوت

ويجعله في نقطة واحدة تسمى الاضطلاع محترقا او بؤرة.

(٢٠٩) تضعف الصوت بالانعكاس. إذا فرغنا جرساً في قاعة من الزجاج (الشكل ١٢١) سمعنا صوتاً ضعيفاً بالنسبة إلى صوته في الهواء وذلك من انعكاسه عن جدران القاعة ولهذا السبب يفرش الناس حياً قشوراً لأشجار التي يدبغ بها في أراضى بيوتهم فتضعف الأصوات فيها بالانعكاسها من قشرة إلى قشرة.

ولهذا السبب أيضاً لا يصل صوت الرعد إلى بعد مناسب لشدةه فإن الهواء يكون حينئذ مختلف الكثافة فيعكسه مراراً عديدة فيضعف ولهذا أيضاً لا تكون أصوات المدافع شديدة في المعارك فكثيراً ما ذكر أن الجيوش انكسرت في المعارك من قلة المدد والمدد قريب منها ينتظر أن يسمع صوت مدافعها. فإن الهواء والدخان والغبار المنعقد في الجو تعكس الصوت دفعات عديدة فيضعف. ولهذا أيضاً يضعف الصوت نهراً لأن كثافة الهواء تتفاوت كثيراً من حر الشمس وتصادعاً كما بمنجرة وبرد الظلول وما أشبه فينعكس الصوت عن الهواء مراراً كثيرة فيضعف خلافاً لما يكون بيلاً فإن كثافة الهواء تكاد تتساوى في كل جهة حينئذ فيبقى الصوت قلة الانعكاس. ولذلك قال العلامة هـ بـ لـ د ت أن الليل يحل الصوت إلى البعد عما يحمله إليه النهار وهو امر مشهور.

(٢١٠) الدوى. إذا كان السطح العاكس قريباً من الجسم الصامت لجمع الصوت عند النظم إلى الصوت الأصلي فيسمى هذا الصوت الرابع عن قرب الدوى.

ومن الأمثلة عليه أن من يتكلم في البيت يكون صوته أشد وكلامه أوضح مما لو تكلم خارجاً لأن حيطان البيت تعكس صوته بعد وقوعه عليها وتردّه إلى صوته الداخل إذا السامع فتقويه. ومن يمشي في بيت فارغ أو يتكلم في الحمام يسمع لمشيته وكلامه صوت شديداً من الدوى. ومن يضع أذنه على قمر يوق يسمع دوتاً لأن البوق يجمع الأصوات المتفرقة في الهواء ويعكسها. ومن عدم الدوى يضعف الصوت في البيوت المفروشة بالاثاث والمأهولة بالسكان.

(٢١١) الصدى. أما الصدى فهو الصوت المنعكس المتأخر عن الصوت

الاصلي فيكون الفرق بينه وبين الدوي بعد السطح العاكس فيه حتى يرجع الصوت
 مسهوًا ممتازًا عن اصله وقرب السطح العاكس في الدوي حتى لا يتميز الصوت
 الراجع عن الصوت الاصلي. فلا يرجع الصدى والحالة هذه عن بعد اقل
 من ٥ قد ما من الجسم الصامت. ولا يرجع الصدى الصوت القصير السريع
 عن بعد ٥ قد ما واما صدى الصوت الطويل كالانفاظ المشتملة على مقاطع فلا
 عن سطح اقرب من ١٢ قد ما وذلك لان الانسان لا يقدر ان يلفظ ولا ان يسمع
 اكثر من خمسة مقاطع في الثانية فلا يلفظ الا مقطعا واحدا في الثانية. و
 قد تقدم ان سرعة الصوت على حرارة الهواء المعتادة ١٢٠٠ قد ما في الثانية رعد
 ٢٠٣ فسرعته في الثانية ٢٢٢ قد ما. ولذلك يقتضي ان يكون بعد السطح
 العاكس عن الجسم الصامت لا اقل من ١٢ قد ما حتى يصل الصوت اليه ويرجع عنه في
 الثانية فاذا لا يرجع صدى المقطع عن بعد اقل من ١٢ قد ما للجسم الصامت. ولذلك اذا
 وقفت انسان امام مرآة عاكسة على بعد ١٢ قد ما منها ولفظ هذه اللفظة
 قَرْنُفَلْ كُشْتَمَلْ على خمسة مقاطع سمع صدى المقطع الاخير منها فقط وهو
 النَّاءُ المُنَوَّنَةُ. واذا ابعد عنها حتى صار على ٢٢٢ قد ما سمع صدى هذا
 المقطع والذي قبله وهما له وهلم جرا بالابتداء ١٢ قد ما لكل مقطع حتى يسمع صدى
 اللفظة بتمامها.
 ويتكرر الصدى في بعض الاماكن مرارا كثيرة من تعداد السطوح العاكسة وتفاوت
 البعدها. فاذا اطلق مدافع في وادي بين الجبال فقد يستمر رجيع صدى المدعة من الزمان
 ويتكرر الصدى ايضا بين سطحين متوازيين او سطوح متوازية فقد ذكر ان الصوت المنبعث
 يرجع بين ٥ و ١٠ مرة في بعض الاماكن. ويقال ان في بلاد الانكليز مكانا يرجع فيه
 صدى سبعة عشر مقطعا في النهار وعشرين مقطعا في الليل فاذا قال الرجل فيه هه
 كَرَّ الصدى لفظته هذه سبع عشرة مرة او عشرين فيكون بعد سطح العاكس نحو ٢٣٠٠
 قدم عنه هذا واذا وقف الصامت بحيث يقع صوته عموديا على السطح العاكس رجع صدى
 اليه طبقا لناموس انعكاس الصوت فيسمع. ويمكن منه حساب بعد السطح العاكس عنه

وذلك لان الصوت يقطع في ذهابه الى السطح العاكس رجوعا الى الصائت مضاعفا بعد السطح العاكس

عن الصائت. فاذا حصل اثواني التي تم من خروج صوت الى اليد القدي وضربها في

١٢٠ قد ما حصل معه مضاعفت بعد السطح العاكس عنه فينقصه

فهو بعده عنه. فلنا من ذلك هذه القاعدة استعلم اثواني

التي تموتين خروج الصوت ورجوعه واضربها في

١٢٠ او اقسم الحاصل على ٢ فالخارج بعد

السطح العاكس عنك ٥٥٥٥٥٥٥٥

علا

الفصل الثالث

في الصوت الموسيقى

(٢١٢) الصوت الموسيقى هو الصوت اما موسيقى وهو ما يتوالى فيه الاهتزازات بسرعة وانتظام كصوت المغنى واما غير موسيقى وهو ما لا يتوالى الاهتزازات فيه بانتظام بل يعارض بعضها بعضا كهزيم الرعد وطققة الحجار والمضوضاء والمجذبة فكل ما انتظمت اهتزازاته وبلغت سرعته حداً معيناً يصوت صوتاً موسيقياً بلا خلاف.

فاذا سرعت تلك الساعة فزادت ما رعددها خمسين او ستين في الثانية مباتت صوتاً موسيقياً واحداً وفوعها على الاذن شعوراً متصلاً في النفس. وكذلك اذا جرى دوLAB على خمس وثلاثين حصة في الثانية يتصل صوت طقطقاته عند وقوعه على الاذن فتسمع النفس صوتاً موسيقياً ثخيناً للدوLAB. وقد شهوا وقوع الصوت غير الموسيقى على الاذن بوقوع الضوء المرتجف على العين لان عصب السمع يتألم منه فتحمية النفس كما تألم العين من تعاقب الضوء والظلمة على عصب البصر.

(٢١٣) صفات الصوت الموسيقى هو للصوت الموسيقى ثلاث صفات وهي العلو والنعمة والشدة والكيفية. فالعلو يتوقف على عدد الاهتزازات في الثانية فكلما زادت عدد اهتزازات نعمة الصوت. ودليل ذلك انك اذا اخذت نخاسة ووضعتها على اسنان دوLAB اترصانت صوتاً تعلو نعمة بزيادة سرعت دوران الدوLAB والشدة متوقفة على سعة

الاهتزازات كما مر عدد ٢٠٢، والكيفية هي اختلاف الصوت باختلاف الكثرة
المصوتة فاذا ضرب الحن على الكمية اختلفت نغمة عما لو غنى على الصلوة
وان يكن علوها واحداً في الاثنين.

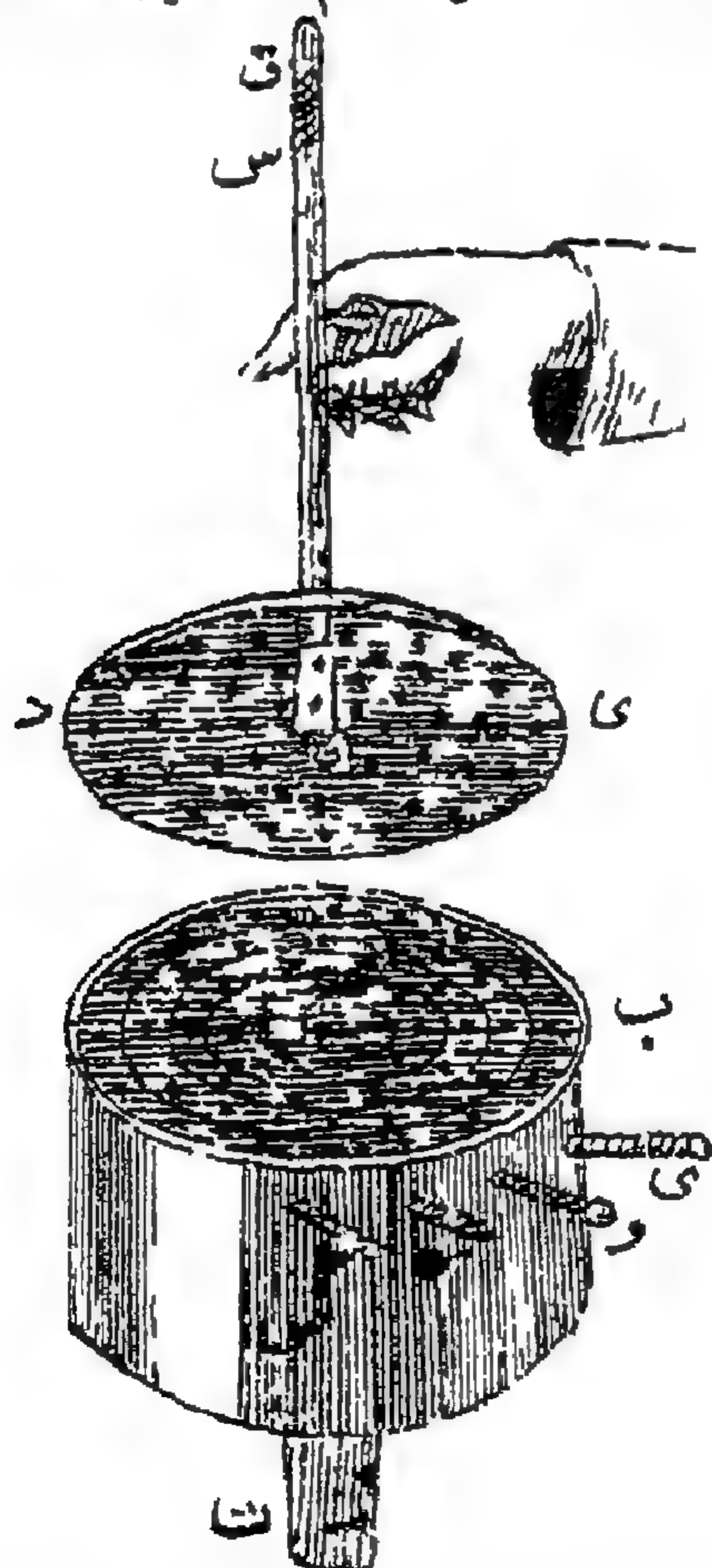
(٢١٣) استعلام عدد الأصوات في صوت موسيقي. لما كانت الاهتزازات
في الصوت الموسيقي سريعة جداً لم تستطع العين على رويتها ولذلك
لا يمكن عدّها إلا بالوسائل. وهذه الوسائل عديدة منها النور ومقياس القل
والتي تسمى بالسيرين (١)، وهي البسطها واسهلها فهمًا.

السيرين مؤلف من صندوق اسطوانتي (١٢٣) له في قعره اثوبتان
يدخل الهواء منها اليه وله على وجهه غطاء ب مثقوب ثقوباً عديدة في اربعة
خفي الصف الداخلي منها ٨ ثقوب وفي الذي حوله ١٠ ثقوب والذي حول هذا ١٢ ثقوباً
والاخير ١٦ ثقوباً. ومن وى الخرسادات يسد بكل منها صف من الثقوب ودس
قرص كالغطاء وفيه ثقوب تطابق ثقوبه وقت ق قضيب ينزل طرفه في الثقوب
او من الصندوق ويدور فيه كما ينزل الصوت في النقطة ويدور فيها. وس الحرث
الا على لولب يدور احدى دولابين حاد عن الثاني قليلاً له مشرس واصبع طويل مثبت
في بحيث يصل الى سنان الثاني وكلما دار دورة يدفع او يحرك سنان الثاني
وكلما دار اللولب دورة يدور الاقل سناً فقط هما يدوران عقربين على سينيّن عليهما
فروض كما ترى في الشكل ١٢٣ فيكون الفرض على مينا الدولاب الثاني كناية عن مائة
دورة من الغطاء ذي الشكل ١٢٣.

(١) السيرين في خرافات اليونان اسم عذارى زعموا انهن مسخن فكل من رؤسهن الى ارجلهن في شبه الادميين
ومن ارجلهن فاذن في شبه الطيور وانهم كن يقطعن بجوار جزيرة كبريا في البحر المتوسط ويعنين غناء مطرباً جاد حتى كان
المسافرون الذين يسمعون غناء حق ينسون اوطانهم وبلادهم وتأخذهم هزة الطرب فيصرون كما يطربون
وقيل انهن كن يعنين ولا يظهرن للبشر فيطربن للمسافرون فلا يجدن وكن فيلقون انفسهم في البحر ويموتون
هذا ولا يخفى ان عدد الاهتزازات هو عدد الأصوات ايضا.

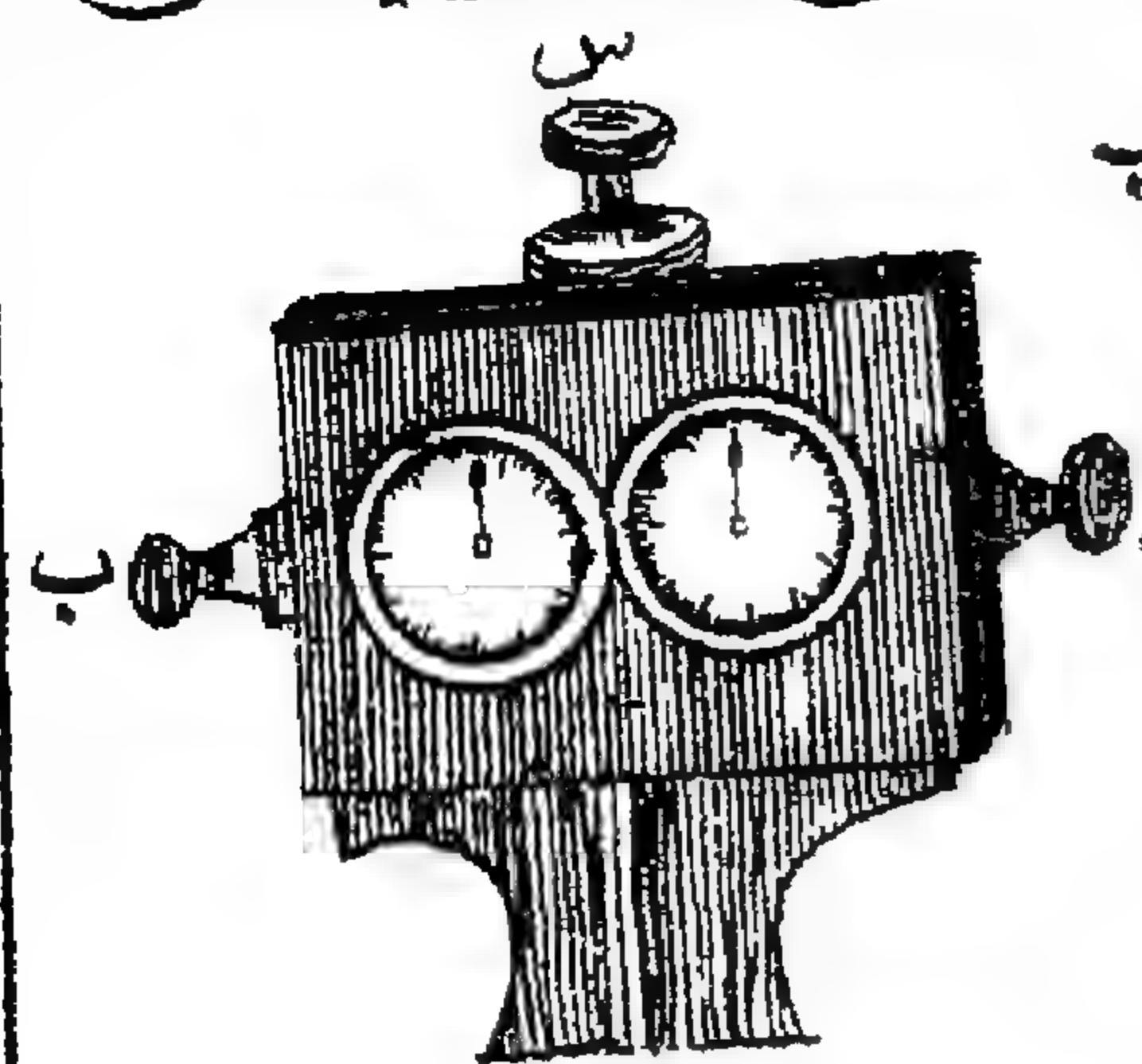
وكيف يعمل بها ان ينزل الطوق من القصب في التجويف ك ويركب القرص دى على الغطاء ب بحيث يقع نصف كل ثقب من ثقوبه على ثقب من الغطاء والنصف الآخر خارجه ويدخل مجرى الهواء من الأنبوبة ث الى الصندوق س فيطلب الخروج من ثقوب الغطاء التي حها لها ثغرات وخرجها ث ثقوب الصندوق فيصدم القرص الذي تغطي ثقوبه اسما مائ من ثقوب الغطاء كما تقدم و يدبوكه ففى دورانه تنطبق ثقوبه على ثقوب الغطاء تارة وتنفكها طورا ولذلك يكون انبات الهواء منها هبات هبات فمادام دوران القرص بطيئا تتوالى هذه الهبات تواليا بطيئا فتعدو اصواته اسرع فتتوالى سرعيا حتى يتصل بعضها ببعض وتصبح صوتا واحدا موسيقيا يزيد علوا كلما زادت سرعة الدوران وربما اتصل الى حدناى الاذن سمعه لعظم ارتفاعه وينخفض كلما قلت حتى يرجع الى صوت الهبات .

بقى علينا ان نعد الهبات المتصلة التي حدث الصوت منها فنعرف عدد الاهتزازات لان الهبات هي نفس الاهتزازات . ويتم ذلك بواسطة العقربين فى الشكل ١٢٥ : سد صفوف الثقوب بالسدادات الاصفا واحدا وليكن صف الخشعة فرضا ثم ادخل مجرى الهواء حتى يلامس القرص ويصوت



الشكل ١٢١

صوتاً على علو معين فالأمر واضح مما مر أن عقرباً لدولاب ثانياً الذي تدفعه أصبع الأقريل يدل على عدد الفروض من الصفر اليه على ميناة وهذا العدد يُضرب في مائة فالحاصل يدل على دورات



الشكل ١٢٣

الغطاء وما تحت المائة من الدورات يعرف بعقرب

الدولاب الأول على ميناة متى كان عقرب الدولاب

الثاني بين فرضين. فإذا كان ذلك العلو موافقاً

ج ٢ في السلم الموسيقي (انظر عدد ٢٣١) دار

الغطاء ٢ ٥٣٠ دورة في الدقيقة فيكون

عدد الاهتزازات التي ثبتت من الثقب العشرة في هذه

الدقيقة ٥٣٠ اهتزة. أقسمها على ٢٠ فيخرج ٢٦.٥ اهتزة في الثانية. إذا أعدد الاهتزازات

في صوت على علو ٢ ١٢٥٦ اهتزازة في الثانية. وإذا أسدنا صف العشرة لأنقاب وقم صف الثاني

والستة عشر ثقباً يزيد عدد الاهتزازات في الثانية فيكون الصوت أعلى. وإذا فتح صف الثانية

وسدنا البواق ينقص عدد الاهتزازات في الثانية فينخفض الصوت وإذا فتحت كلها معا

نصوت جميع اصوات الديوان (عدد ٢٣١) وذلك دليل على أن عدد الاهتزازات النغمة

في ديوان هو مصنوعة اهتزازات تلك النغمة في الديوان الذي دونه.

(٢١٥) استعلم طول الموجة في صوت موسيقي. إذا فرضنا أن حرارة

الهواي كانت في الصوت المذكور أنفاً عدد ٢١٢ على درجة بماتسيرا الموجة

الأولى مسافة ١٢٠ قدماً في الثانية يكون عدد الاهواي في تلك المسافة ٢٥٦

موجة فاقسم ١٢٠ قدماً عليها فيكون طول الموجة ٢٢ قدماً واربعة أجزا

فيستعلم طول امواج الصوت بقسمة سرعة الصوت على عدد اهتزازاته في الثانية

ولما كان علو نغمة الصوت متوقفاً على عدد اهتزازاته (عدد ٢١٢) وبالتالي على سرعتها

كانت الاصوات / مسافة هي التي امواجها طويلة والعالية هي التي امواجها قصيرة ويتضح ذلك

من ظنونة اجراس بغال القافلة فانها اذا كانت قادمة تقصر امواج اجراسها لقرعها

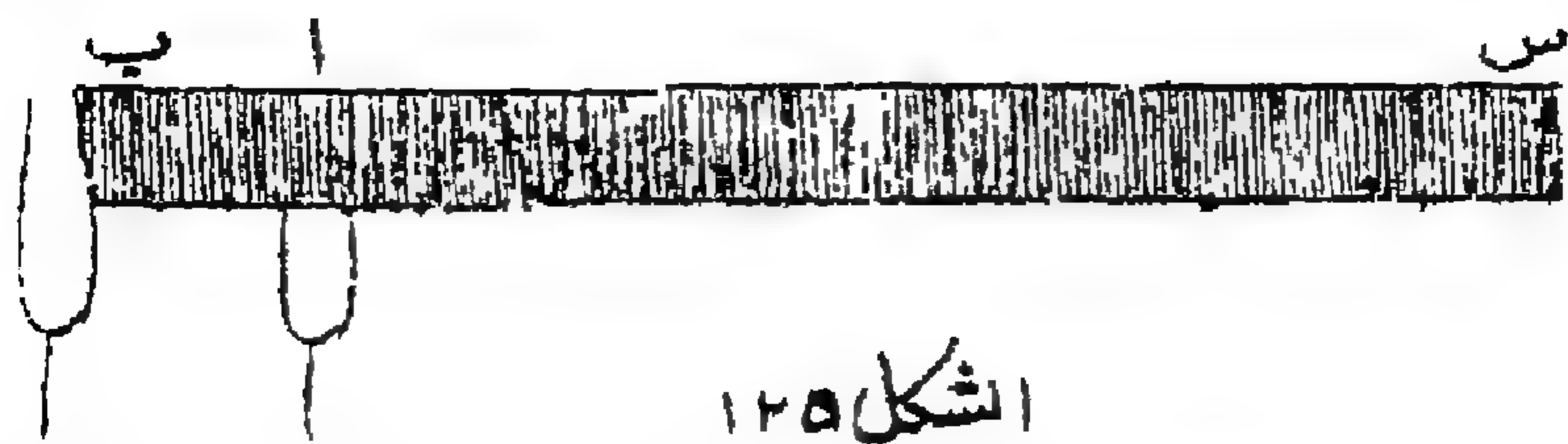
فيعلو صوتها واذا كانت ذاهبة تطول امواج اجراسها لعلوها فيسفل صوتها. وهو واضح

في صغير الأرتال فان امواج صغيرها تقصروهي قادمة لعظم سرعتها فيعلوا الصغير وتطول وهي ذاهبة فيوطأ الصغير وربما عرفت قدوم الرتل وذهابه من علو الصغير وهبوطه .

(٢١٦) استعلام عدد الامواج وطولها في كل صوت موسيقى . اذا نظرتا نغمتان كان عدد امواجهما واحداً سواء كان الصامت انساناً او عوداً او قيثارة او طبلاً او غيره . ولذلك اذا غنى الانسان لحناً ولعبه آخر على البيانو فان حنجرة الانسان تهتز كخيوط الفولاذ في البيانو وتكون امواجهما واحدة في الطول . فاذا اردنا ان نعرف عدد الامواج وطولها في صوت آلة اذنا الفكر في السيرين حتى يطابق صوتها ذلك الصوت واستعلمنا عدد هباتها و طولها فذلك عدد امواجه وطولها .

كذا استعلموا ان البعوضة تصفق جناحيها وهي طائرة خمسة عشر الف صفقة في الثانية وان طول الامواج في صوت المتكلم من ثمانى اقدام الى ثنتى عشرة قدماً وطول الامواج في صوت المتكلمة من قدمين الى ربيع في الثانية .

(٢١٧) تراكيب امواج الصوت . رانظر الموج وعددها ١٥٢ لما كانت الاصوات تخرج من كل بقعة من الارض كانت امواج الهواء تخرج من اماكن شتى في جهات شتى ومتى التفت فاما ان تتوافق او تتخالف وهذا ما يقال له تراكيب امواج الصوت فتوافق متى التقي الكثيف من موجة بالكثيف من اخرى واللطيف باللطيف وحينئذ يزداد الصوت الحادث منها شدة لانه يعدل مجتمع موجتين وتتخالف متى التقي الكثيف من موجة باللطيف من اخرى فاذا كانتا متساويتين في القوة محقت الموجه الواحدة الموجه الاخرى فبطل الصوت وعلى ذلك قد ينتج عدم الصوت من اجتماع صوتين وهو لو افاق قولهم قد ينتج سكون من حركتين وظلمة من نورين وبرق من حرارتين .



الشكل ١٢٥

وزيادة الصاخر ذلك لنضع مقياسين من مقياس التردد ا و ب في الشكل ١٢٥ بحيث يكون البعد بينهما طول موجة ونجعلهما يهتزازا واحدا حتى تتوافق امواجهما كما ترى في الاجزاء المائلة السواد والاجزاء الخفيفة السواد فيشتد الصوت. وكذلك يشتد اذا جعلنا البعد بينهما طول موجتين او ثلاثا فما فوق واما اذا وضعنا الواحد على بعد نصف موجة من الآخر وكان اهتزازها واحدا فالكثيف من امواج ا يوافق اللطيف من امواج ب وبالعكس فيبطل الصوت ويعرف هذا التماثل بمعارضة امواج الصوت لان الامواج تعارض بعضها بعضا. وتظهر هذه المعارضة في مقياس التردد نفسه فانه اذا رُتت شعبة واحدة يد يد بجاءة الاذن لم تسمع له صوتا في اربع نقط من الدائرة التي يد ارفيها لان امواج الشعبة الواحدة تعارض امواج الاخرى فيبطل صوتهما في تلك النقط

الفصل الرابع

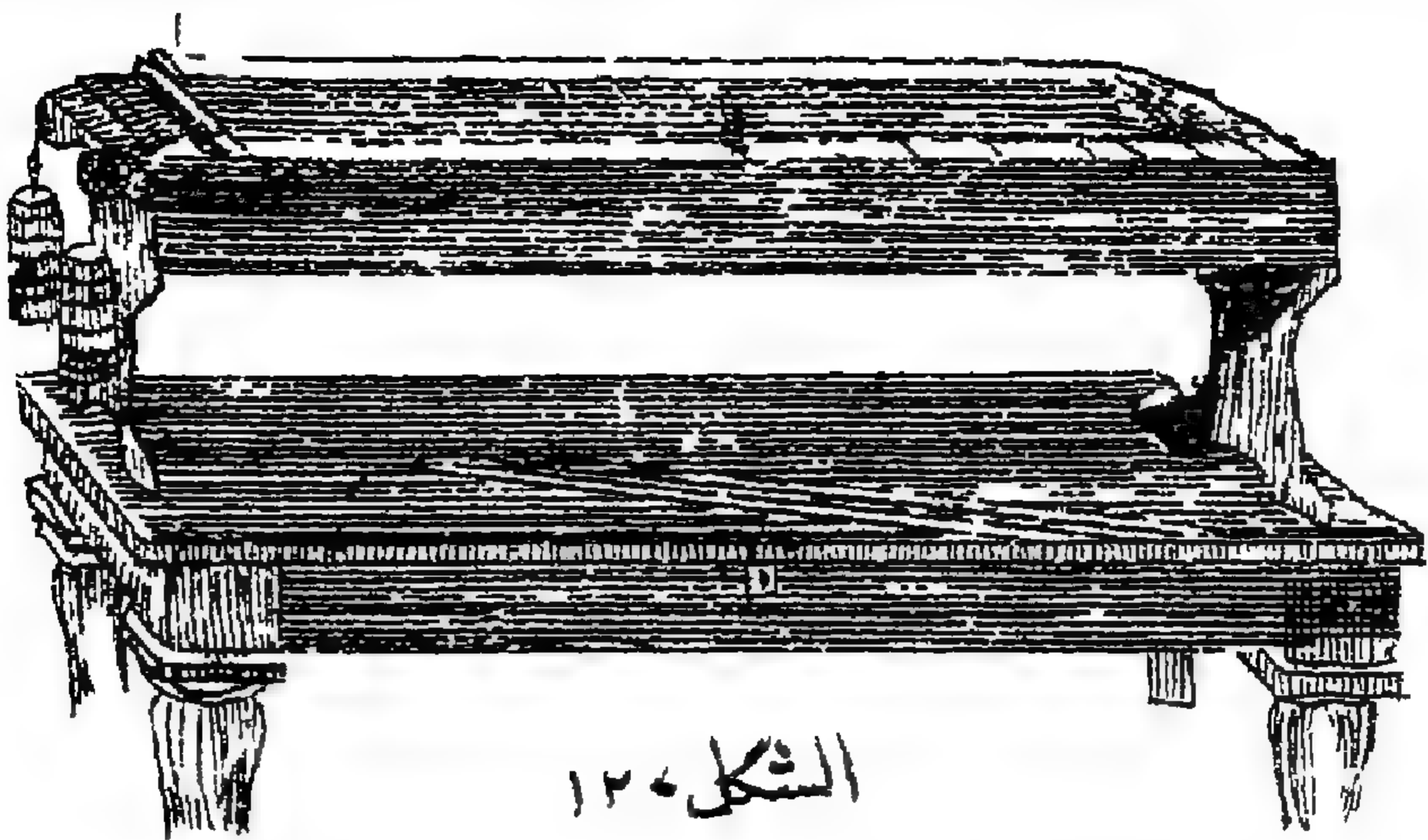
في اهتزاز الأوتار واللاتها

(٢١٨) الآلات الموسيقية إما أن يحدث الصوت منها بالنقر على أوتارها وتسمى ذوات الأوتار وإما أن يحدث منها بالنفخ على صفاة حقيقة فيها وتسمى آلات النفخ فالأولى مثل القانون والعود والطبور والثانية مثل الأرغن والصور والمسمورة. أما ذوات الأوتار فيكون جل الكلام فيها على اهتزاز الأوتار وإما آلات النفخ فسياتي الكلام عليها.

(٢١٩) اهتزاز الأوتار. ليكن اب في الشكل ١٢ وترامشوداً



من طرفيه بحيث ينتزعاذاً النقل في اهتزازة من ي إلى د ثم من د إلى ق فيل
ان اهتزاز اهتزازة كاملة (عدد ٥) واذا انتقل من ي إلى د فقط قيل انه اهتزاز
اهتزازة. وتتوقف شدة صوتية على سعة هذا النصف أي على بعد ي
من د كما تقدم (عدد ٢٠) وهذه الشدة قليلة جداً لأن الهواء الذي
يجرك الوتر باهتزازة قليلة. ويعرف عدد اهتزازاته بالة تسمى للصوت
أي مقياس الصوت فيعرف من ذلك علو صوت.



الشكل ١٢٠

(٢٢٠) الصوتونوتر. معناه مقياس الصوت وهو آلة مؤلفة من صندوق رقيق من الخشب وحجشين ثابتين عليه يشد عليهما وتران اب وس در الشكل ١٢) ويعلق بالطرفين السائبين من أطراف الوترين ثقلا ن وتوضع تحت الوترين حجش متحرك لتطويلهما أو تقصيرهما حسب المطلوب. فاذا سمعت القوس على الوترين يهتز ان فيوصل الصوت اهتزازها الى الهواء الذي داخله. وبهذا الاعتبار يكون الصندوق هو الصائت وتعرف به نواميس اهتزاز الأوتار.

(٢٢١) نواميس اهتزاز الأوتار هي ثلاثة اولها ان عدد الاهتزازات في الثانية يزيد بقدر ما ينقص طول الوتر.

اي (١) اذا اهتز الوتر اب در الشكل (١٢٨) اهتز انة في الثانية ثم وضع الحجش د على نصفه ليصير طوله نصف ما كان يهتز ٣٢ اهتزازة. ودليل ذلك اننا اذا انقرنا الوترين اب وس د صا ناصوتا واحدا ثم اذا وضعنا الحجش د تحت منتصف احدهما صار صوته جوابا للصوت الثاني اي ان عدد اهتزازاته يتضاعف وعلى ذلك يعرف اللاعب بالكمية والقنشار انما مختلفا علو ينقل اصابعه على الأوتار فيقصر طولها وتتغير اصواتها ويوضع في العود والبيانو اوتار متفاوتة طولها فتصوت الطول منها اصواتا سافلة والقصيرة عالية ولا يحتاج من يلعب عليها ان يطولها ويقصرها بيده.

ثانيهما . ان عدد الاهتزازات في الثانية يزيد بقدر الجذر المالى من الشدة

اي انما اذا شد وتر اربعة اصناف شدة الاول تضاعفت عدد اهتزازاته او شدة
٢٩ اصناف زادت اهتزازاته ثلاثة امثال ما كانت لان الجذر المالى من ٢٩ اثنان ومن ثلاثة
وثلث عليه . ودليل ذلك اننا اذا ضربنا الوترين اب وس دو كان الثقلان ف متساويين
صا ناصوتا واحدا واما اذا جعلنا الثقل الواحد اربعة امثال الآخر حتى يكون شدة وتره
اربعة امثال شدة الآخر لوتره فيصير صوت الوتر المشدود وما ثقل الكبير جوابا لصوت
الآخر اعنى ان عدد اهتزازاته يتضاعف . وهذا يجعل لذوات الاوتار مفاتيح يزداد بها
شدها او يقلل حسب الاختيار

ثالثا . ان عدد الاهتزازات في الثانية ينقص بقدر ما يزيد الجذر
المالى من ثقل الوتر

اي ان الوترين اب وس د اذا كانا من مادة واحدة وشدة شد واحد ولكن كان
ثقل الواحد اربعة امثال ثقل الآخر فلا يبلغ عدد اهتزازاته الا نصف عدد اهتزازات
الآخر ويكون صوته اثنان من صوته . ولذلك تحدث الاصوات السافلة على الكنجة
من اهتزاز الاوتار الغليظة والعالية من اهتزاز الدقيقة .

(٢٢٢) ذوات الاوتار منها البيان . وهو آلة ثابتة الاصوات اي
ان لها اصواتا معينة لصوتها وتاريخا معينة خاصتها وهذه الاوتار
تتم طريقة تحريكها عدة امثال منمية متصلة بمفاتيح البيان . ويزداد
صوت البيان قوة بتموج الهواء على اللوح المشدود وعلى الاوتار . والسبب
في ان الصوت يخرج عند قرع الانامل بمفاتيح وينقطع عند رفعها عنها
هو ان في هذهات تضغط اوتار ذواتها فاذ قرع مفتاح من مفاتيح ارتفعت الهمة
الضاغط عن الوتر فيستن ويصوت . وعند رفع الاصبع عن المفتاح تسقط
الهمة على الوتر وتبطل اهتزازة فيسكت . ولذلك يقال لهذه الهمة مسكتات
ويمكن ان رفع مسكتاته كلها دفعة واحدة عز الاوتار بضغط الرجل للمفتاح

في أسفلها فتسمع اهتزازاته كلها مدة من الزمان.

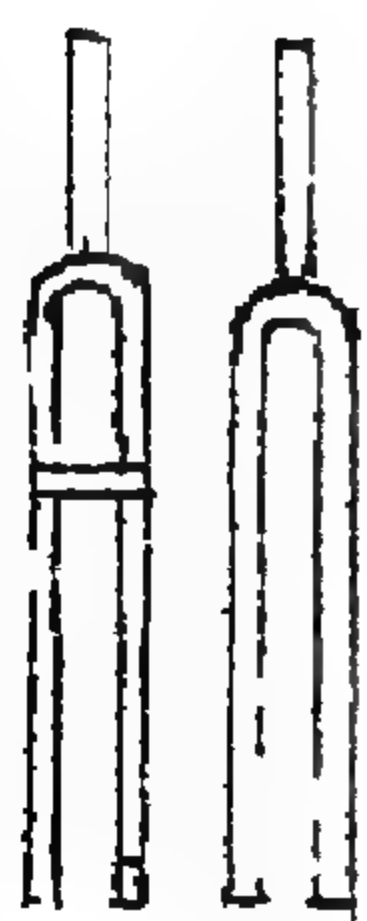
والعود. وهو مثلث الشكل. وأوتارها تطابق النغمات الطبيعية في السلم الموسيقي التي
سيجي ذكرها ويمكن تقصيرها وتطويلها لرفع الصوت وخفضه ولذلك بحسب متوسطا
بين الثابتة الأصوات والغيرتها وله صندوق تحت أوتارها لتقوية صوته.

والكمية هي ذات أربعة أوتار ومن الآلات المغيرة الأصوات أي التي يمكن تطويل
أوتارها وتقصيرها للحصول على أصوات متفاوتة في العلو والانخفاض ويُضرب عليها
بقضيب يسمى القوس.

والقيثار وهو يختلف عن الكمية بكونه أكبر منها حجماً وله سترادتا يضرب عليها
بالأصابع ويجري على حكر الكمية وكل منها صندوق تثقل اهتزازات الأوتار إلى
سطح العلو على الجحش ومن السطح العلو إلى الأسفل على الجوانب وعلى عود يصل بينهما
فسترادتا في الصندوق ويمتوي صوت الأوتار هذا والضرب على الكمية بأواعها
عسراً فانه جلد أو لكة يسر العقول إذا كان بأيادي البارعين.

(٢٣٣) الفضبان المعدنية. ان النوايس الثلاثة التي تجرى عليها
ذوات الأوتار تجرى عليها الفضبان المعدنية أيضاً. غير ان نوايس الشدة
لا يعتبر فيها ما لم تختلف مادة معادنها. وأما إذا كانت كلها من معدن واحد
فمرونتها واحدة ولذلك لا يختلف صوتها إلا باختلاف طولها وثقلها.

منها مقياس القرار الماز ذكره وهو آلة من الفولاذ ذات شعبتين

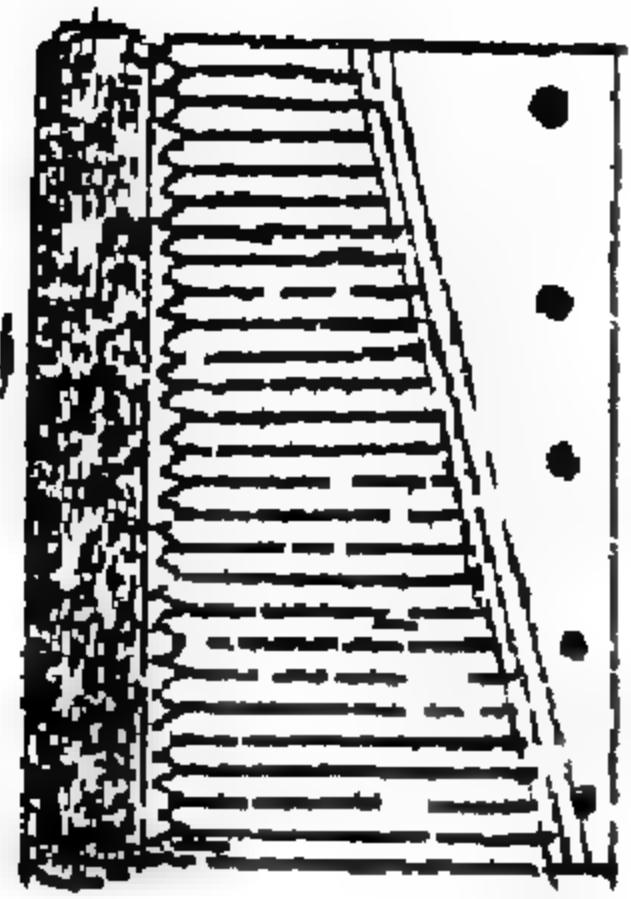


الشكل ١٢٨

(الشكل ١٢٨) يجعل طولها بحسب ما يلزم لتصوت صوتاً معيناً إذا
ضربت على شيء صلب أو شد طرفاً شعبتيها بالأصابع حتى يقتربا ثم أفلتا
وقربت من الأذن. وأما مقياس القرار كان الموسيقى يجد بها صوت
القرار المعين فينتقل منه إلى يقينة أصوات السلم. وقد يجعل لمقياس
القرار رابط معدني يربط شعبتيه الواحدة بالأخرى ويتحرك عليهما

ليجعلهما قصيرتين أو طويلتين فيحصل منها قرارات مختلفة بحسب لطول والقصر.

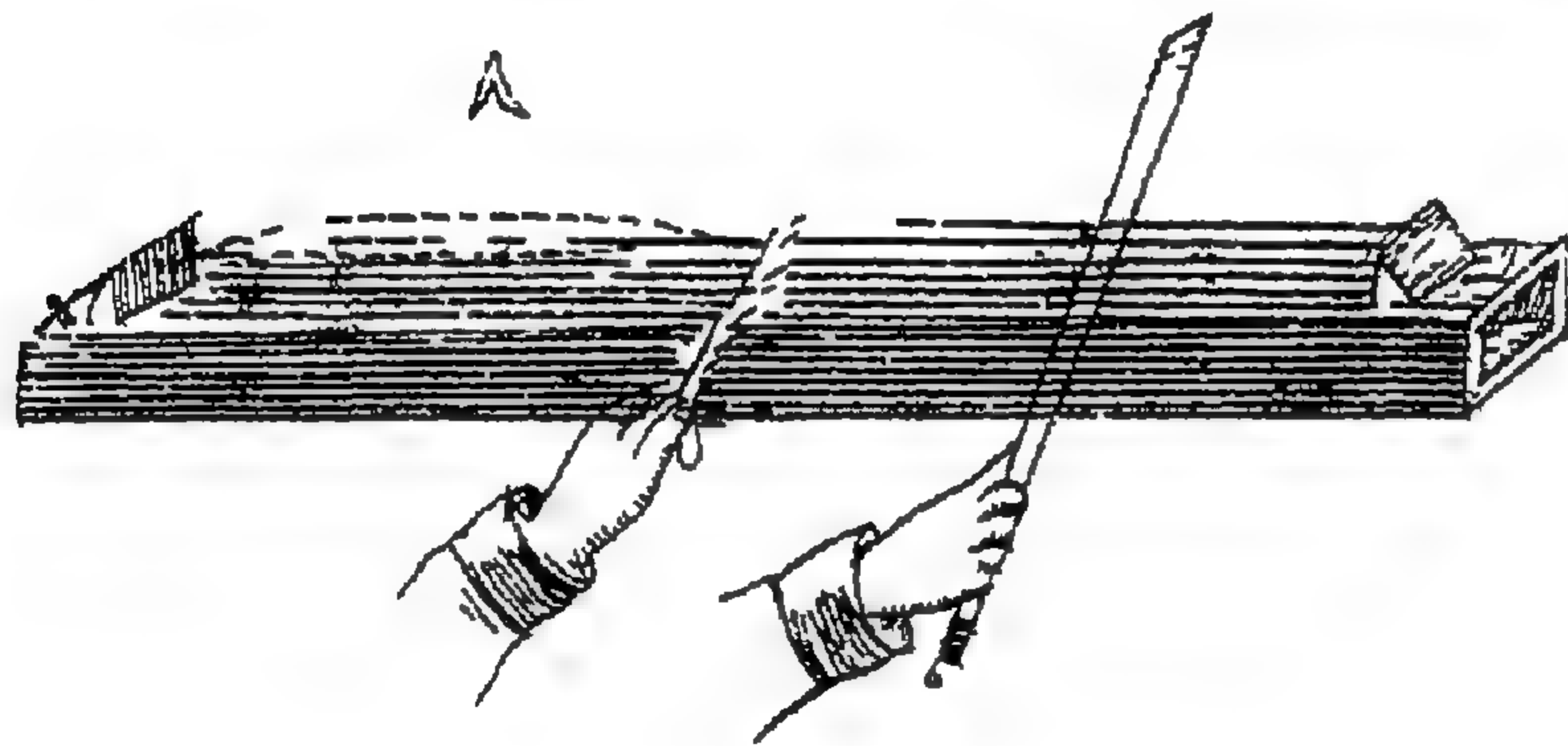
وهي الآلة التي تعنى من نفسها وهي كما في الشكل ٢٩ صفيحة من الفولاذ معدن آخر ذات اسنان مصفوفة كاسنان المشط ولكنها متفاوته طولا فكل سن اقصر من التي يليها من اعلى الشكل فثا زاد الغرض من اختلاف طولها هو اختلاف نوع الفرار في كل منها



عما هو في لآخر فيعلو صوت السن القصيرة وينخفض صوت الطويلة (عدد ٢١) ليحصل الطرب بذلك ثم ان الاسنان لا تحدث صوتا ما لم تضرب بشيء فانقارح هنا اسطوانة من النحاس او غيرها يدبرها زفيرك ودواليب كما نذار الساعة وترتب على سطح اسنات لقرع الاناء فتنفث لغات اللحن الذي تطربه.

الشكل ٢٩

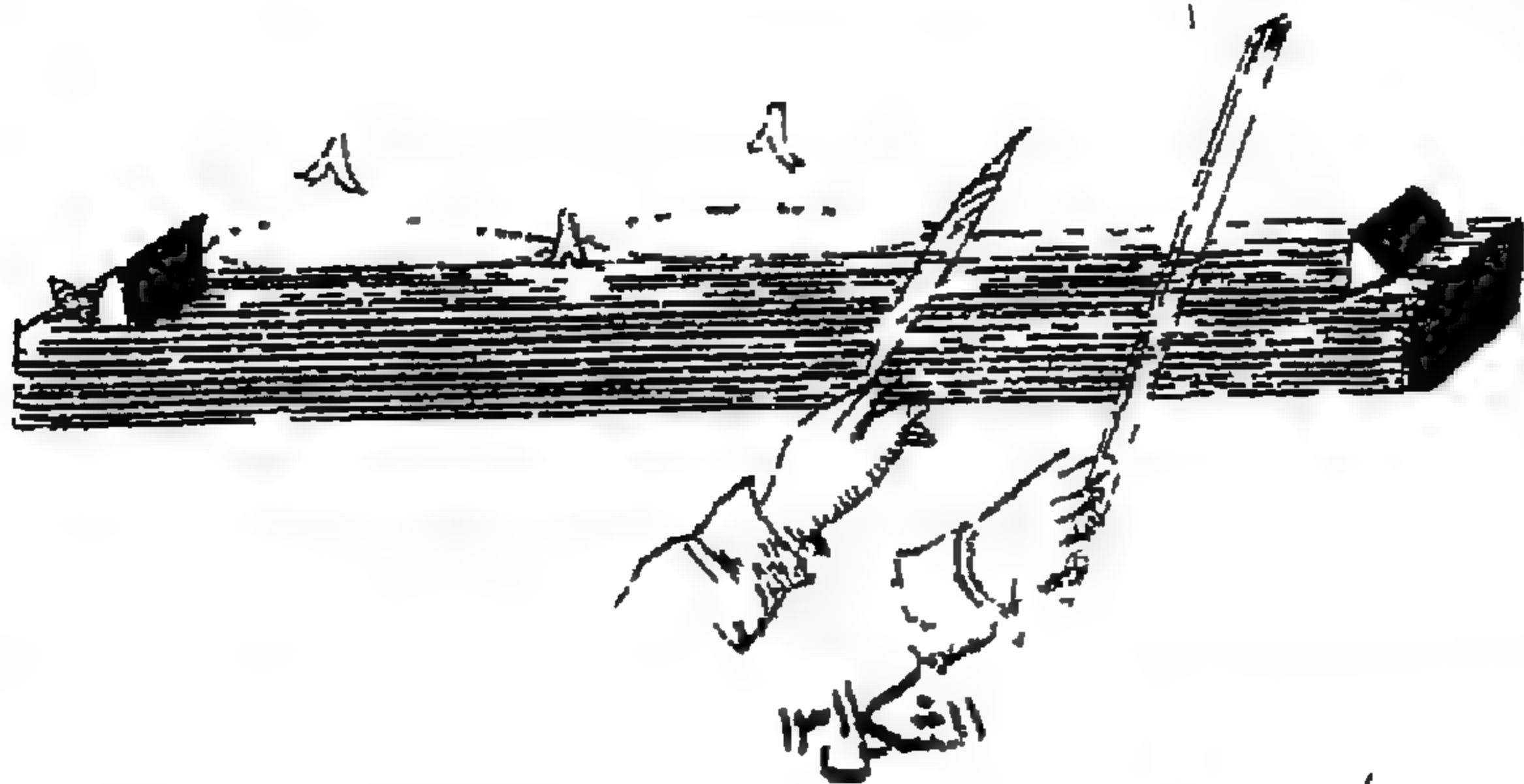
(٢٢) عقد الاهتزاز اذا وضعنا ريشة على منتصف وتر الشكل ٣٠ ولم نضع مجشأ تحته ثم جردنا القوس على نصف من نصفيها تركلوا وكنا



الشكل ٣٠

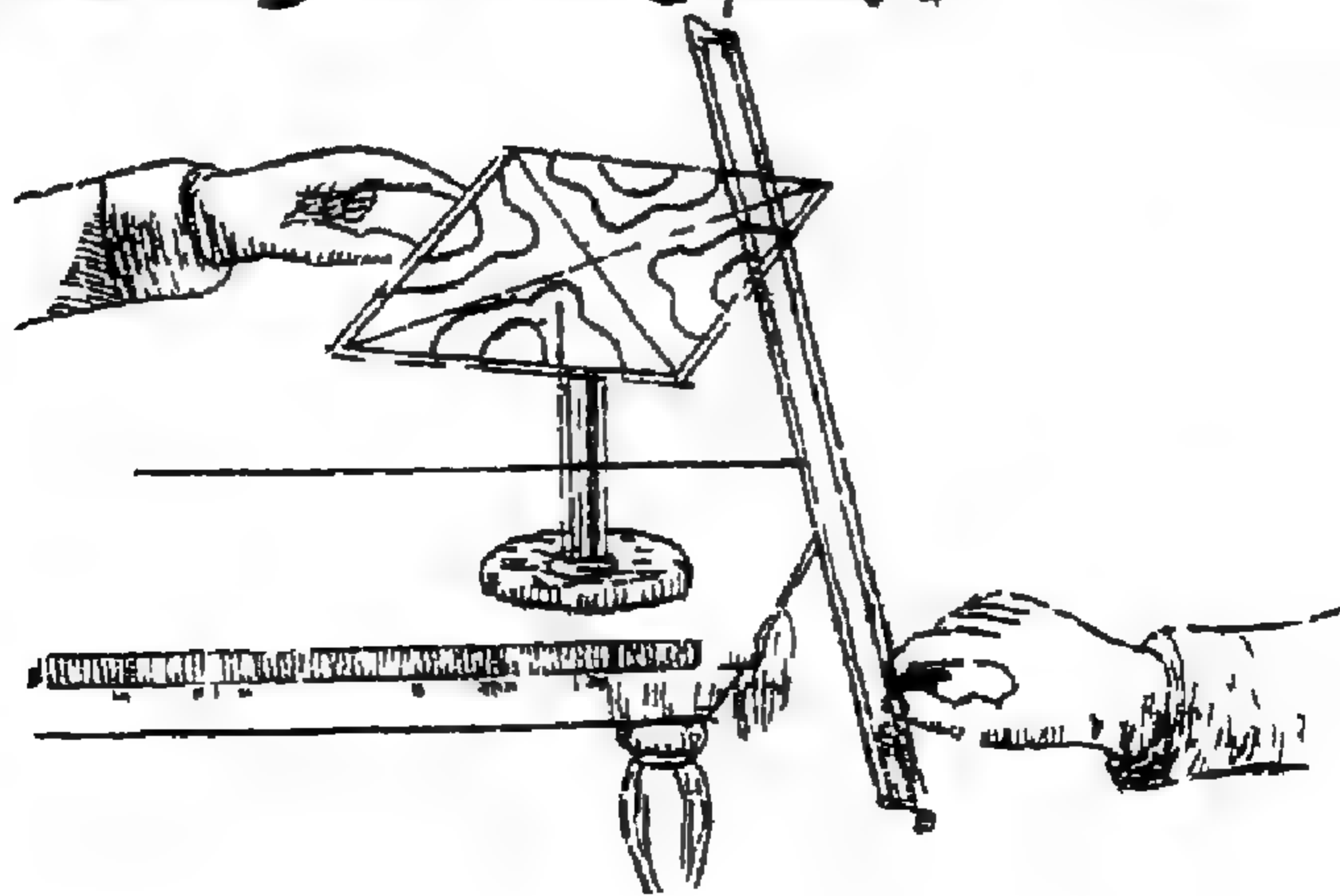
نسمع كل صوتين الواحد جواب وهو صوت النصف الذي لم يجز القوس عليه والاخر قرار وهو صوت النصفين معا والوتر كله وهذا دليل على ان النصف الذي لم يجز القوس عليه يهتز مستقلا بنفسه ثم اذا رفعنا الريشة فجاء الهواء في هذا النصف فيهتز لذاته مستقلا عن النصف الآخر. والدليل على انه يهتز ولولم يجز القوس عليه هو اننا اذا وضعنا راسنا من الورق على منتصفه وجردنا القوس على النصف الآخر فالرأس يثبت ويقع على الوتر كما ترى في الشكل ٣٠ واذا انقلنا الريشة وضعناها على نقطة ثلثي الوتر وجردنا القوس على الثلث الاخر فالثلثان يتقسمان قسمين

كل يهتز وحدة الشكل (١٣) وكذلك بعد رفع الريشة. فهذه النقطة التي تهتز بل ينفصل بها الأوتار قسماً ما يهتز كل منها بنفسه مستقلاً عن الآخر هو عقد الاهتزاز وتعرف الأقسام بالقطع.



وعلى هذا المنوال يمكنك تقسيم الوتر بعقد الاهتزاز إلى نظام التي تريد ها وتعرف العقد من القطع بوضع الركاب على الوتر فالركب الذي لا يقع بين عقدتين على عقدة من عقد الاهتزاز واما الذي يهتز ويهتز فيكون على قطعة من القطع كما ترى في الشكل ١٣٢.

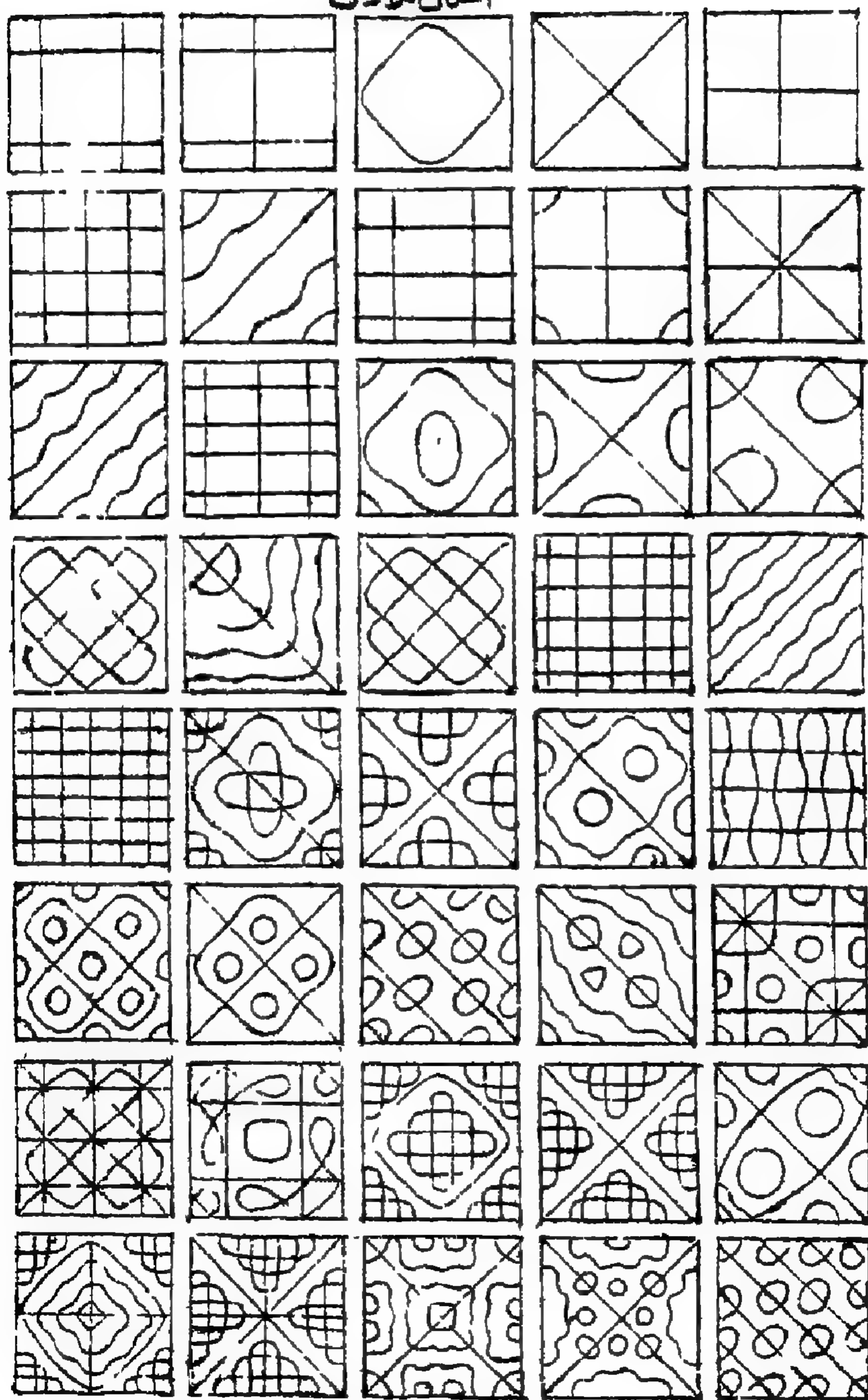
(٢٢٥) أشكال كلادني بدش قليلاً من الرمل الناعم على لوح من الزجاج أو سفيحة من المعدن. وضع ظفرك على حرف لتبطل الاهتزاز مكان وضعه كما تبطله الريشة بوضعها على الوتر وحز القوس على الحرف المقابل كما في الشكل ٣٢. فينتشر الرمل انتشاراً على وجه اللوح ويتطاير بسبب اهتزاز ذائق اللوح تحتها حتى يتجمع في خطوط منتظمة انتظاماً حسناً كما ترى في الشكل. وانما يتجمع في هذه الخطوط لأنها الاهتزاز اذ هي مؤلفة



الشكل ١٣٢

من عقد اهتزاز المار ذكرها. ولذا تسمى الخطوط العقدية وهذه الخطوط تزيد
عدداً بزيادة اهتزاز الصفيحة أي بارتفاع النغمة الحاصلة من جرس القوس عليها
وتختلف أشكالها باختلاف وضع الإهتام والسبابة عليها فتختلف بذلك
الأشكال الحاصلة من تجمع الرمل عليها. وهما كلبعض الصور التي وجدناها
كلادني مكشفت هذه الأشكال (الشكل ١٣٣)

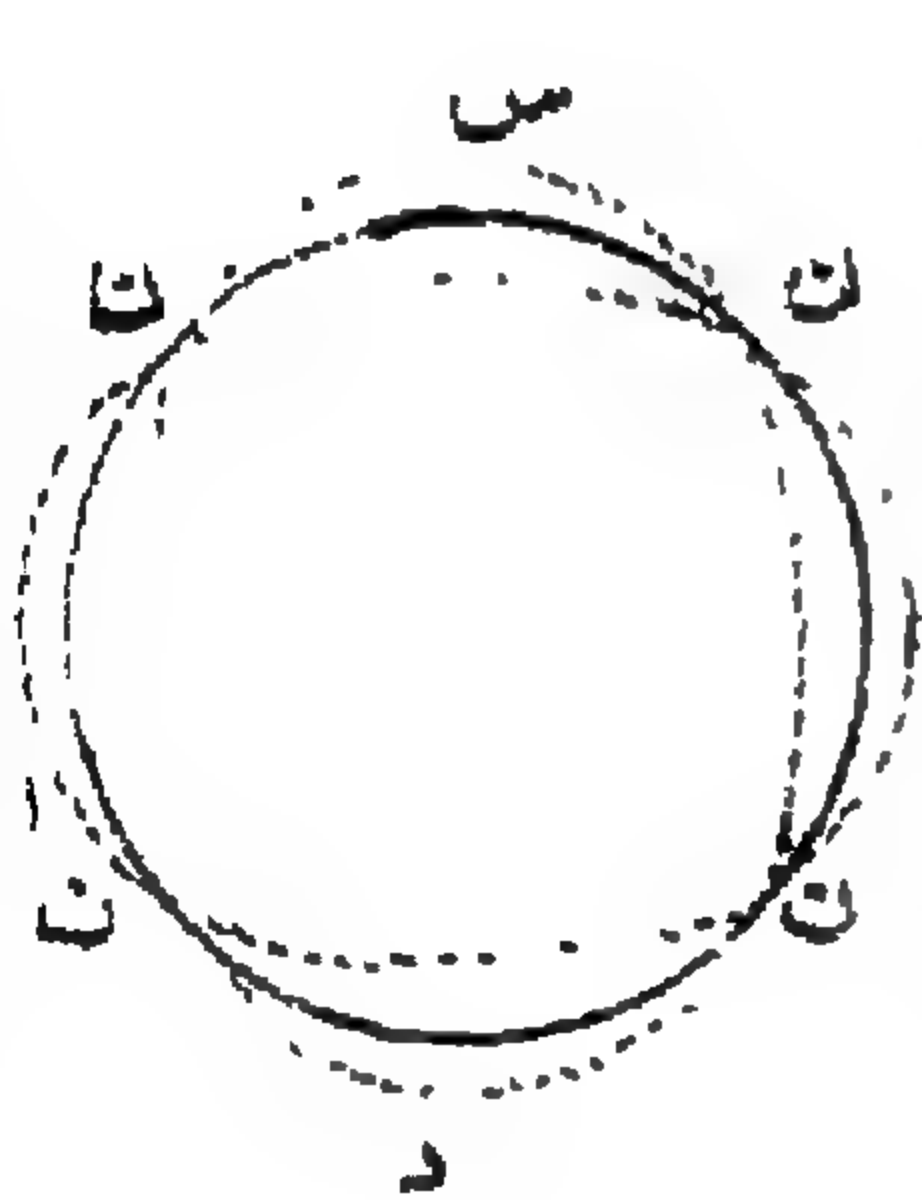
أشكال كلادني



الشكل ١٣٣

(٢٢٦) الأصوات الملازمة بقلنا أن الصوت يختلف في الكيفية باختلاف الآلات الصائتة ولو كانت النغمة واحدة. وسبب أن صوت الآلة يكون في النادر مجرداً والغالب أنه يختلط بأصوات أخرى أضعف منه فتغير نغمته في الكيفية وهذه الأصوات الضعيفة هي الأصوات الملازمة في المخالطة للصوت الأصلي.

إذا شدنا وترًا بطرفيه حتى يتر على طوله ينقسم من نفسه إلى قطع متماثلة بعضها عن بعض فيحصل من ذلك صوت الوتر الأصلي وتصل الأصوات الملازمة له أيضاً من اهتزاز القطع فتغير في الكيفية. وتختلف الأصوات الملازمة باختلاف الآلات ولذلك تختلف النغمة الواحدة باختلاف الآلات حتى أن من يسمع لنا واحد يعرف بالكمنجة والفلوت والبيانو يعلم أن الآلة الواحدة هي غير الأخرى ولولم يرها. وذلك لسبب تغير الصوت فيها بالأصوات الملازمة.



الشكل ١٣٣

(٢٢٧) عقد الاهتزاز في الجرس. لتكن الدائرة الخفية في الشكل ١٣٢ محيط الجرس وهو ساكن ثم لنفرض أن المدقة وقع عند ا د ب ا و د ا و د فيهتز المحيط حتى يتحول من الشكل الدائري إلى الشكل الأهليلجي المنقطاب ثم إلى الأهليلجي الآخر المنقطب. ومتى رت رتته الأصلية يهتز مقسوماً إلى ربع قطع بل القطر

ن ن ن التي هي عقد الاهتزاز ومنها تبدأ الخطوط العقدية وتصل إلى القمة حتى تنقضي عند ا د ا وهو مستعد للانقسام إلى أكثر من القطع الأربع ولا سيما إذا كان رقيقاً جداً فيحدث من اهتزاز تلك القطع أصوات ملازمة تعقب صوته الأصلي وتسمع واضعته على الغالب ولو كان الجرس بعيداً

(٢٢٨) اهتزاز المشاركة. إذا وقفت بجانب البيانو وصوتاً

موسيقياً وجدت أن شريطة من شرائط البيانو تهتز موافقة لصوتك وإذا غيرت نغمة الصوت تسكن الشريطة الأولى وتهتز شريطة أخرى موافقة للنغمة الثانية

وإذا وضع مائة مقياس من مقياس القرار ودرت تجاه انبوبة من أنابيب
الأرغن يا نغام متساوية تشارك الانبوبة المقياس الموافق لها
من بينها كلها ولذلك إذا وضعت ساعتان على رقت واحد
أثر في الواحد في الأخرى. وهذا هو السبب في كون الشاعرات
تضبط عند الساعة في أحسن ما تضبط عند أصحائها
لأنها لكثرة تأثير اهتزاز الواحد منها بالآخر
فتمت مقابلاً للمشاركة

الفصل الخامس

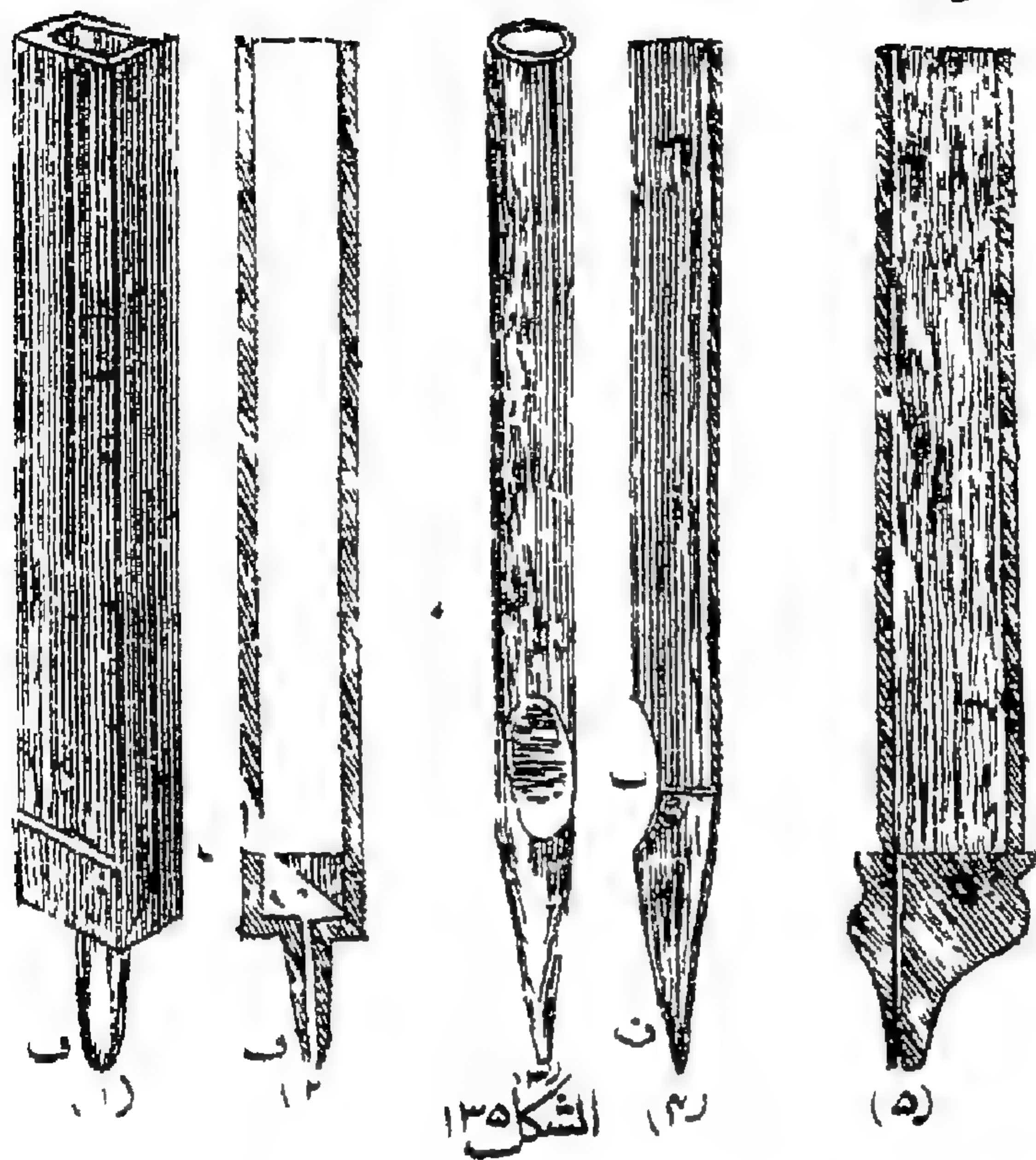
في آلات النفخ والسلم الموسيقي

(٢٢٩) حدوث الصوت في آلات النفخ: آلات النفخ كالمزمار والفلووت ونحوها ويحدث الصوت الموسيقي فيها باهتزاز عمود الهواء الذي داخلها وتوجيه فيكون الهواء هو الجسم الصائت فيها بخلاف ذوات الأوتار التي لا يكون الهواء فيها إلا موصلاً للصوت كما رأيت. فتنفذ عليه من ثقب فيها ما اجتاز مواج الصوت أو الأمام والخلف داخل آلة النفخ وهزّت الهواء حولها كما يهزّ الأوتار المضروب في ذوات الأوتار فتكون منزلة عمود الهواء في آلات النفخ منزلة الوتر في ذوات الأوتار ومنزلة النفخ عليه منزلة الضرب على الوتر ثم لا يخفى أن الصوت لا يحدث ما لم يتوجّه الهواء متحركاً متلطفاً فاذ انفتحنا على عمود من الهواء في نبوية تحرك حركته متصلة ولم يصوت ولذلك لا بدّ له من واسطة تقطع النفس بحيث يحدث التكاثر والتلطّف المطلوبان. فانقسمت آلات النفخ بهذا الاعتبار إلى قسمين ذوات اللسان كالفرنجة والمزمار من شأنه وصافرة وقصلة مشقوقة الزمور ونحوها ما يهتزّ الهواء فيه بصفحة رقيقة تعرف باللسان وهذا القسم معروف وذوات الفم وسائر الكلام عليها

(٢٣٠) ذوات الفم: هذا يتضمن تفصيلها من الشكل ١٣٥ ترى في (١) صورة

النبوية من أنابيب لا يدخل إليها الهواء من فم خارج من فمها أسفلها الميزم

منا وفي ٢٢ صورة مقطوع هذه الانبوبة طولا ليظهر داخلها. فتمت اكرة الهواء على دخولها من
من يطلب الخروج من الشق ويتمى الفم فيضرب الصفيحة الرقيقة او تسمى الشفة العليا وينضغط
والضغط باقى الهواء فيرقعه لحظة حتى يكون بعض الهواء قد خرج من اب فحينئذ يصعد الهواء



من يدير كما كان. وينالك تحدث الاهتزازات وتخرج عود الهواء الذي في الانبوبة فيصوت
صوتا موسيقيا. وفي ٢٣ صورة شكل آخر من انابيب الارغن (٢٢) مقطوع طولا (٥)
مقطوع نوع من المنجارة مبداءها مبدأ انبوبة الارغن كما ترى. ومنها ما يكون الفم فيه ثقباً
على جانبه كما في الفلوت الجرمانى فيحدث النافخ الصوت فيه يجعل فيه واسطة لتكثيف الهواء
فيه وتلطيفه.

(٢٣) السلم الموسيقي. اننا لندى سمعنا الاصوات لا نقدر على
تمييزها من ساغها فقط بل نقدر ايضا على ادراك النسبة التي بين عدد
اهتزازاتها. ليس اننا نعرف عدد الاهتزازات في الاصوات من مجرد سماعها
حتى نقول مثلا ان عدد اهتزازات هذا الصوت مضاعف عدد اهتزازات
ذاك او ما اشبه. بل ان كل الاصوات التي توجد نسبة بين عدد اهتزازاتها

لترفيه اللذة والاستحسان اذا توالى على سمعنا حتى نحكم بالطبع انها مطابقة
للقضى الذوق السليم. فهذه الاصوات يتألف السلم الموسيقي من ثوابها
وتقسم بالنظر الى علوها الى مراتب اوردواوين ويقسم الديوان الى سبعة
اقسام تسمى ابراجا وتسمى عند الموسيقيين بالالفاظ دورى هي فاسول
لاسى او بالاحرف ج ده و ز اب فى السلم الطبيعي، وكل ديوان قرار مثلا فوقه
وجواب لما تحته.

ويدل على احرف القرار برقم الواحد عن يسارها هكذا ج د الخ، وعلى احرف الجواب
برقم الاثنين عن يسارها هكذا ج د الخ، وكما علا الديوان زيدت قيمة الرقم المكتوب
عن يسار احرفه فبرج ج من الديوان الخامس فوق القرار يكتب هكذا ج وهلم جرا. و
يدل على احرف ما تحت القرار بالارقام نفسها وقد امسها علامة السلب فالرقم في ج - ٢
يدل على ان البرج ج فى الديوان الثانى تحت ديوان القرار الاصل.

٢٣٢ عدد اهترازات الابرار. اذا اهتز وتر على طوله فصورته هو
القرار الما يقابل في السلم الاعلى وذلك جوابك له فاذا فرضنا طول واحد
فطول بقية الابرار كما يأتى.

ج د ه و ز ا ب ج

$\frac{1}{1}$ $\frac{2}{2}$ $\frac{3}{3}$ $\frac{4}{4}$ $\frac{5}{5}$ $\frac{6}{6}$ $\frac{7}{7}$

فيكون طول ج الجواب لصف طول ج القرار وطول ما فوقها بالنسبة
اليها كطول ما تختار بالنسبة الى ج القرار ولما كان عدد الاهترازات يتغير
بالقلب كطول الوتر عدد ٢٢١ فاذا اقلبنا الكسور المتقدمة كان لنا عدد
اهترازات كل وتر بالنسبة الى وتر الاول لانه اذا فرضنا عدد الاهترازات
البرج ج واحداً نعرف عدد الاهترازات فى البرج وكم هي بالنسبة الى ج بهذا
النسبة المقلوبة وهي.

٢ : ١ :: عدد اهترازات د : اى عدد اهترازات د = ا ب $\frac{1}{2}$ = $\frac{2}{1}$

وهكذا في سائر الأبراج. فتكون نسبة اهترازات ج وما يليها الى ج كذا كذا
منسوقة على نسبها وهي $\frac{1}{2} \frac{2}{3} \frac{3}{4} \frac{4}{5} \frac{5}{6} \frac{6}{7} \frac{7}{8} \frac{8}{9} \frac{9}{10}$ اذ يحسب عدد اهترازات ج
واحداً. وتحويل هذه الكسور الى صور جديدة ومخرج مشترك يجعل اهترازات
عدداً صحيحاً وهي ٢٧ ٢٤ ٣٠ ٣٢ ٣٦ ٢٠ ٢٥ ٢٨ فيكون الفرق
بين الاول والثاني والثاني والثالث والسابع والثامن ٣ وبين الثالث والرابع
وبين الخامس والسادس وبين السادس والسابع ٥ هذا عدد اهترازات
الأبراج بنسبة بعضها الى بعض واما عدد اهترازات كل منها وحده
فليج القراج ١٢٨ اهترازات كما يعرف من السيرين عدد ٢١٢ فيكون عدد اهترازات
كل برج ج د ه و ز ا ب ج وهلم جرا بضرب

١٢٨ ١٢٧ ١٢٦ ١٢٥ ١٢٤ ١٢٣ ١٢٢ ١٢١ ١٢٠ ١١٩ ١١٨

عدد اهترازات كل برج في ٢ للحصول على عدد اهترازات البرج الموافق
له في الديوان الثاني وفي ٣ للحصول على ابراج الديوان الثالث فوق
ديوان القرار الاصلى الخ. وبالقسمة على هذه الأرقام يخرج لنا عدد
الاهترازات لأبراج الدواوين التي تحت ديوان القرار الاصلى.

(٢٣٣) توافق الأصوات وتعاونها قلنا ان اصوات السلم الموسيقي اذا توافقت
على السمع استحسنها ولكن ذلك لا يلزم منه انه اذا وقع اثنان او ثلاثة منها معاً على السمع
يستحسنها دائماً فان اجتماع بعض الأصوات معاً مكروه لما بينها من التعاند واجتماع غيرها
محبوب لما بينها من التوافق واتم التوافق بين نغمتين من يوج واحد وديوان واحد
مثل د و د واللتين عدد اهترازاتهما متساو وتخرين نغمتين من يوج واحد ولكن
من ديوانين مثل د و القرار ود والجواب اللتين عدد اهترازات عليهما مضاعفان

اسماء الأبراج لدى اليونان عند العرب هي بكاه عشيران عراق دست دو كلاسكاهان كاتومي حسيني اوج ماهر وجر ذلك
ما هو ذلك رعل توقي. كلوى جوابا بكاه والرمل توقي جوابا توقي والحسني جوابا العشيران هم جوا. وليست النسبة بينهما
النسبة بين يوج السلم الاخرى المذكور سابقا والمرجح ان السلم الاخرى هو الاسهل مراسا لكونه يجري على الاصوات الطبيعية

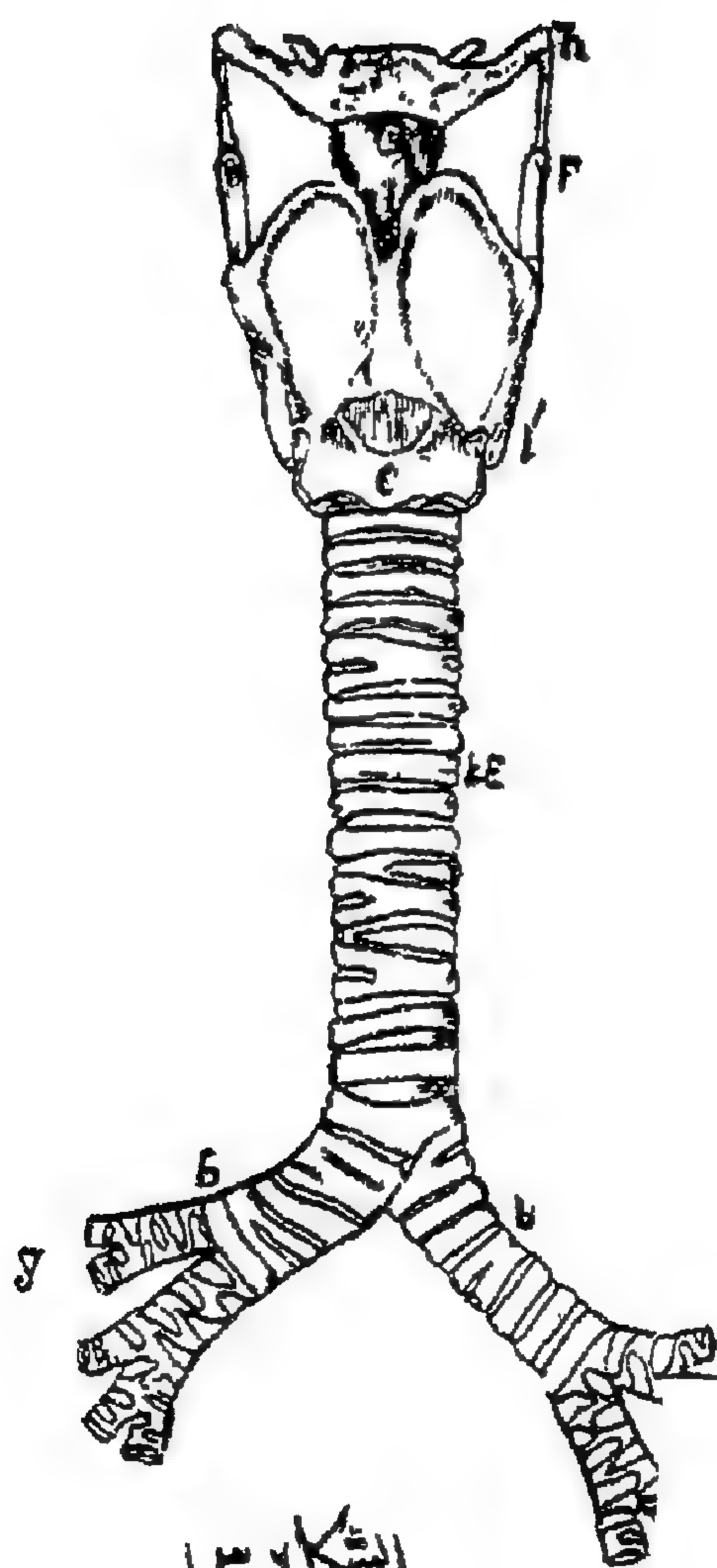
عده اهتزازات الاخرى. ثم بين نعمتين من برجين تكون نسبة عدد اهتزازات الواحدة الى
 عدد اهتزازات الاخرى كنسبة ٣:١ مثل سول ودو. ثم بين نعمتين نسبة اهتزازاتهما كنسبة
 ٣:٢ وآخر الكل بين نعمتين نسبتها كنسبة ٥:٢ والتم التوافق بين ثلاث نغمات من
 ابراج مختلفة في التي نسبتها اعداد اهتزازاتها بعضها الى بعض كنسبة ٢:٥:٦
 مثل ج ده وز. والمخلاصة انه كلما زاد عدد الاهتزازات التي تتفق
 النغمات في نهايتها زاد التعانيد وكلما قل عدددها زاد التوافق. و
 يعرف توافق النغمات في الفناء واللعب بالآلات بالطنان
 عليه تتوقف لذة اللحن



الفصل السادس

في آلات الصوت والسمع

(٢٣٢) آلات الصوت في الإنسان بكل ما يتنفس الهواء من الحيوان



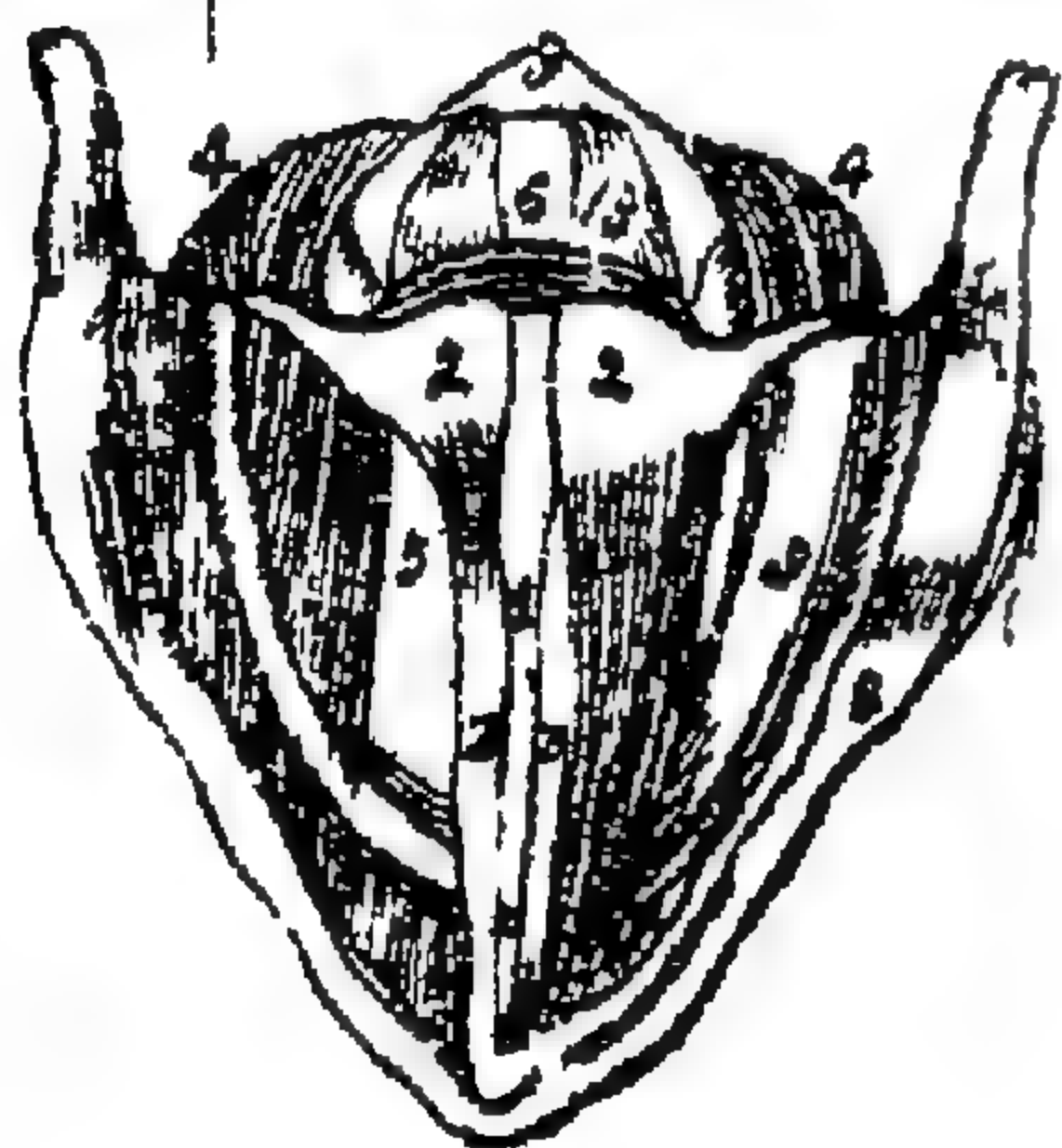
الشكل ٢٣٢

لقليل منها آلات يصوت بها مودعة في قسم من جهاز التنفس
ته وتكييفه إما وقت أحداثه أو بعد أحداثه ومن جملة هذه
التي شتم يحصل التكلم من بعضها وآلات الصوت في الإنسان

طاهر
النبي بن محمد

تجوليف الصدر والقصبه والخنجرة والحلق والبلعوم والفم والالفت وما يتعلق بها وهي مثل آلات النقر ولكنها تشترك ذوات الاوتار ايضا فتجوليف الصدر يضيق ويتسع بالنفس فيضطر الرئة نارة ويتركها ثم تد اخرج الهواء منها متى ضطت ويدخل اليها متى تمددت فيكون هو والرئة بمنزلة المنفاخ في الادغن (عد ٢٣٠) وعند خروج الهواء من الرئة يتدفع الى القصبه ومنها يضرب وترى الصوت في الخنجرة فيصوتان. فتكون القصبه بمنزلة طرف ابوية الارغن ووتر الخنجرة بمنزلة قسمها. والبلعوم والفم والمنخران تغير الصوت وتكيفه نارة بالتساعها واخرى بتضييقها ونحو ذلك فتكون بمنزلة راس الابوية الذي متصل منه اهزازات عمود الهواء بالمخارجي.

(٢٣٥) الخنجرة هي لخص اعضاء الصوت. واشهر اجزائها اربعة غضاريف تسمى للدرج والحلق والطرجها ليين وترتبط وتتحرك بعضها على بعض برابطات وعضلات. ويقسم التجوليف



الشكل ١٣

الذي بينها الى طبقتين الواحدة فوق الاخرى بواسطة غشائين ممتدين من كل من الجانبين ولا يتصلان من اسفل بل يبقى بينهما شق ضيق. ويتألف جانبها اللذان يليان هذا الشق من نسيج مرن ويسميان الوترين الصوتيين الصحيحين وتميزهما عن الكاذبين وهما وتران فوقهما لا يصوتان. ويمتد الشق بينهما من مقدم تجوليف الخنجرة

الى مؤخره ويسمى فتحة المزمار وترى صورة القصبه والخنجرة من المقدم في الشكل ١٣٦ وصورته باطن الخنجرة من الاعلى في الشكل ١٣٧.

(٢٣٦) حدوث الصوت الانساني يحدث صوت الانسان من اهزاز الوترين الصحيحين في الخنجرة عند ما يضرب عليهما الهواء مدفوعا من الرئة. وهذا ان الوتران قابلان الشد والرخي كالاوتار فتتأثر فاذا كان الانسان صامتا كانا مرتخيين ومتشنيين وفتحة المزمار بينهما واسعة

الشكل ١٣٦ صورة القصبه منفصلة بشعبي الرئة ٢٣٥ متصلة بغضروف الحلق ٢٣٦ قرنا الغضروف الدرق.

الشكل ١٣٧ فتحة المزمار وترى الوتران الصوتيان.

فلا يصوتان بوقوع الهواء عليهما. وإذا اراد أن يصوت شداً بقدر ما يريد أن يرفع الصوت
(عد ٢٢١) فتضيق فتحة المزمار بينهما.

(٢٢٤) مجال الصوت الانساني. علو صوت الانسان قلماً يختلف في التكلم فلا يتجا وزجدة
نصف ديوان وقلماً يعلو صوت الشخص الواحد ثلاثة دواوين متواليين إلا أن صوت
النساء اعلى من صوت الرجال بل ديوان فيكون مجال الصوت الانساني اربعة دواوين وفي الفضاء
يعني الرجال ديوانين منها يسميان الباس والترو والنساء ديوانين يسميان السيرانو والآلتو
والفرق الجوهرى بين الباس والترو وبين السيرانو والآلتو هو في الكيفية (عد ٢١٣) ولذلك
تجد فرقاً بين اصوات المغنين ولو غنوا نغمة واحدة على الباس والترو والسيرانو والآلتو.
ولعل سبب هذا الفرق اختلاف الرباطات والاعشية والغضاريف

واما سبب علو نغمة الصوت النساء عن نغمة صوت الرجال فهو قصر الوترين الصوتيين فيهن
وطولهما في الرجال فنسبة طولهما فيهن الى طولهما فيهم كالثنين الى الثلاثة. ولما كان طولهما في
المصبيان بقدر طولهما في النساء كانت اصوات المصبيان كاصوات النساء حتى يبلغوا الرجولية
هذا واعلى اصوات النساء على السيرانو بمقدار ١.٥ اهتزازة كاملة في الثانية واطأ اصواتهن
٢.٢٣ واعلى اصواتهن على الآلتو ٤.٠٣ واطأها ١.٤ واعلى اصوات الرجال على الترو ٥.٢
واطأها ١.٣٢ واعلى اصواتهم على الباس ٣.٣ واطأها ٠.٨٢ وكلها في الثانية.

(٢٣٨) مدى الصوت الانساني. مدى الصوت الانساني القوى ٠.٠ قدم في الفضاء
على درجة الهواء الاعتيادية، واما في ليالى الصقيع الباردة فيسمع واضمأ عن بعد عظيم إذا
كان الليل هادئاً والهواء خالصاً من المحارى والرياح فقد يسمعون في نواحي القطب الشمالي وبينهم
ميل وربع (٢٢٠) قدم وقيل ان صوت المحارس سُمع عن بعد عشرة اصيال في نواحي جبل طارق
(٢٣٩) التكلم. يقوم التكلم بلفظ احرف العلة وهي في العربية الواو والالف والياء و
الحروف الصحيحة وهي ما بقى من حروف الهجاء على وجه مفهوم. فاحرف العلة اصوات تنخرج
من الحنجرة ويتنوع لفظها بحسب فتح المقم ومد الشفتين او قصرها لا بعدا فتسمى الفم عن الحنجرة او
تقريبها اليها كما في لفظ الواو والياء من قولك "جورنى" والحروف الصحيحة اصوات قد تنوع

الدروس الاولية في الفلسفة الطبيعية ١٩٤ اريد سماع بعض الناس في الآلات الصوت والسمع

لفظها ايضا بحسب شكل الحلق والقم واللسان والشفيتين كما في الهاء والراء والسين والشين والظاء وقد تقطع بالحلق واللسان والشفيتين كالتقاء وانتاع والباء الخ. ولما كان الصوت يخرج كاملا في احرف العلة كانت هذه الاحرف استدا صوتا من الحروف الصحيحة. ولذا اذا اردنا سماع كلامنا الثقيل السمع فقد يكفي ان نفهم لفظ الحروف الصحيحة دون ان نرفع اصواتنا فان فصاحة اللفظ هي سلامة حروف من الحلق لا رفع الصوت فيه.

(٢٣٠) الاذن :- الاذن عضو السمع وتقسم في الانسان الى ثلاثة اقسام الاذن



الظاهرة والاذن المتوسطة او الطيلة والاذن الباطنة والتهنية

فالاذن الظاهرة مؤلفة من الصيوان الذي يجمع امواج الصوت

التي تهاجر وهو خرق الاذن الذي يؤدي تلك الامواج الى الاذن

المتوسطة وطوله نحو قيراط والاذن المتوسطة او الطيلة وهي

مخولة بين الاذن الظاهرة والباطنة وتتصل عن الظاهرة

بعشاء يقال له الغشاء الطبلي وفيها ثلاث عظام

دقيقة تتصل بعضها ببعض وتوصل الاذن الظاهرة بالباطنة وتسمى المطرق وهو متصل

(١) الصوت في الحيوانات العجم للحيوانات العجم اصوات مختصة بها كاختصاص لصيل بنوع الفرس والتهنيق

بنوع الحمار والمواء بالهر وهلم جرا والفرق في اصواتها مسبب عن تركيب حناجرها تركيبا خاصا بها و

لا سيما عن شكل واتساع المنخرين وباقي المسالك التي يمر الهواء فيها. وقد امتاز الهر من بين ذوات

الشدى يكون الوترين الصميين والكاذبين متساويين فيه تقريبا ولذلك تكبد لغات كثيرة في مواءه شبيهة بنبع

البشر وللطيور خنجرتان علوية وسفلية موضوعة في اسفل القصير عند شعبتي الرئتين وهذه الثانية هي التي تصوت

فلا يصوت من الطير كان بدا ونها والحشرات تصوت بطرق شتى فبعضها يصوت بالفرع وبعضها بصك اعضاء

القوية احد هائل الاخر كالجندي بعضها يتصفيق جناحيه بسرعة كالبعوض. ورتج بعضهم ان اصوات

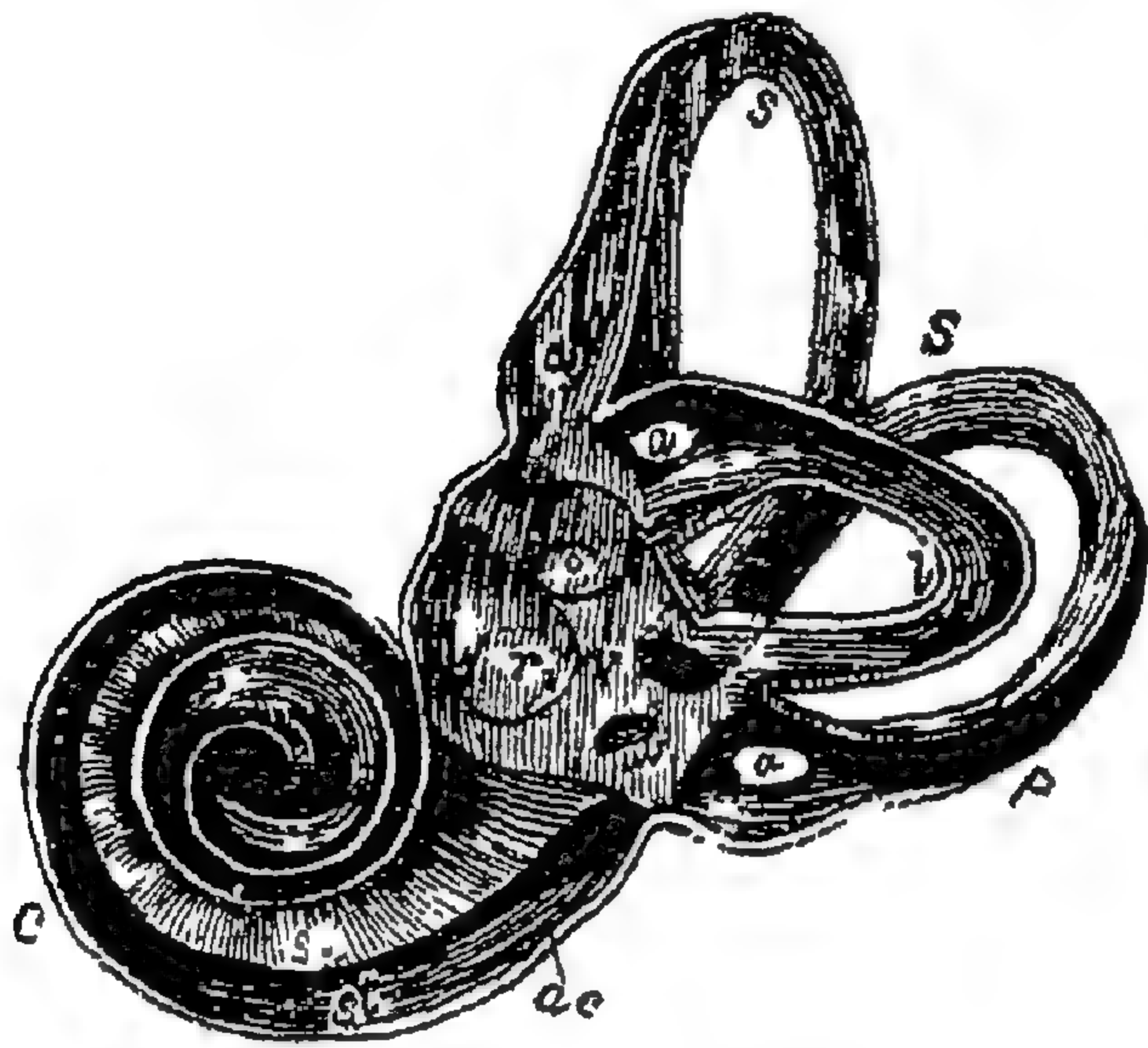
الحشرات تتخذ منه عن عود الهواء من فوهات المسالك الهوائية فيها فتصوت كالصافرة.

(٢) الحيوانات العجم فالزود في ابسطها تعوزها حاسة السمع على ما يظهر والحشرات لا ترق الا بالسمع

وانما هي انما تسمع بعض السمع والحيوانات الرخوة لا تسمع فيها ذق ملوثة الا مفروشة فيه اليابس العصب

الشمعي اذ ذق ملوثة العصب الشمعي متصل بمجم مجرى فيه. ولذلك لا تقدر هذه الحيوانات على الشعور بالغات

بالغشاء الطبلي والسندان والركاب وهو متصل بالأذن الباطنة. وسميت كذلك لشابهتها للقرع
والسندان والركاب الأجنبي وتمتد قناة اسمها بوق أو ساكوس من الأذن المتوسطة إلى
البلعوم فيدخل الهواء في هذه القناة من البلعوم إلى الأذن المتوسطة ويشغلها. والأذن الداخلة
أو الميتة هي عضو السمع الخاص وإنما سميت بالميتة لكثرة ما فيها من المستحضر وتتضمن سائلًا
ويقسم هذا السائل إلى ثلاثة أقسام الد هلير في الوسط. والقنوات الهلالية والفوقية



الشكل ١٣٩

الحلزونية الشكل على جانبيه وتسطو قان اليه. ويتضمن هذا الميتة العظمى فيها آخر غشاء
يشبه في أكثر أجزائه ويتضمن سائلًا مثله وفي الميتة الغشائي خيوط دقيقة مرنة شعرية وكثيرة
متبلورة ترابية وفي القوقعة ثلاث آلات جسم صغير تسمى عصي كورتى. ويمتد العصب السمعي من الدماغ
إلى داخل الميتة ويتوزع في باطن القنوات الهلالية والد هلير والقوقعة ما رأين الخيوط الشعرية
والكثيرة الترابية وفي القوقعة ينتهي بعضها إلى عصي كورتى. رصودة باطن الميتة في الشكل ١٣٩ وقد
نزع جداره العظمى من الأعلى لظاها.

(بقيت صفحتان) الموسيقى وإنما تميز صوتا غير موسيقى من آخر موسيقى أو غير كفيتهما بعض التمييز المظنون أن آلة
السمع في هذه الحيوانات بمثابة القنوات الهلالية في غيرها. والخافات والأفاعي يبدئ الأذن فيها بالغشاء الطبلي
وتريد القوقعة فيها على ما في الحيوانات الرخوة. والحيوانات الباقية يزيد تركيب الأذن فيها كما لا أتقانا بقدر علوها
في مراتب الخلق حتى يبلغ غاية الكمال والأفان في الإنسان. الشكل ١٣٩ SS القنوات الهلالية الثلاث

٢٣١ د كيفية حصول السمع: إذا انجذبت امواج الصوت نحو الأذن عكسها الصيوان وجميعها في الصماخ السمعي الظاهر فتدخل منه وتقع على غشاء الطبلي فيمتزج في الغشاء في الأذن المتوسطة. وينتقل الاهتزاز عليها وعلى الهواء المحيط بها إلى كوتين احدها في الدهليز والاخر في قوقعة اليتي. وعلى وجه كل من الكوتين غشاء في هذا الغشاء وينتقل الاهتزاز على السائل الذي وراءه ومن السائل الى فروعيات العصب السمعي ومنه الى الدماغ فتشعر النفس بالصوت والمطنون ان الاهتزاز لا ينتقل من السائل الى العصب رأسا بل الى الخيوط الشعرية فتتهتز ويهيج الفروعيات العصبية المتصلة بها ضغطا منقطعا كاهتزازها. والمخرج الغرض من هذه الكتل اطالة الاصوات السريعة الزوال التي تنسى اولها. واما عصى كورسنة فكلاوتار المستددة شدا متفاوتا بحيث ان كل صوت يقع على اذن الانسان يجد بينها عصا تهتز كاهتزازة وتؤدي الى الدماغ في شئ يشبه شئ بالعود او منخوخة من الآلات الموسيقية هذا ان يكون بوقا وستا كبروس مسدودا على الغالب فيقطع الهواء الخارجي عن هواء الاذن المتوسطة. فاذا اتفق ان ضغط هواها قل عن ضغط الهواء الخارجي تنال من ضغط الهواء الخارجي لها واهتز الغشاء الطبلي الاهتزاز التام فلذلك يتقل السمع وعند الاهتزاز بفتح بوقا وستا كبروس فيدخل الهواء الى الاذن المتوسطة وترد الموزنة ولهذا ترى همزة الطبيعة يفتحون افواههم عند اطلاق المدافع.

٢٣٢ د مجال السمع: قال العلامة هلمهلتز اخفض الاصوات الموسيقية ما اهتز ١٤ اهتزازة في الثانية واغلاها ما اهتز ٣٨٠٠٠ اهتزازة فيها. فاذا انقص عنها عما ذكر سمعت طقطقة كل اهتزازة ولم يحدث منها صوت موسيقى فيمتد مجال السمع الى ١٥ اذ ا على نحو احد عشر ديونا ولكن مجال الموسيقى الاعتيادية لا يزيد عن سبعة دواوين. هذا والناس على اختلاف في سمع الاصوات العالية والسافلة فليس جميعهم مالا يسمعه الاخر

والبيضة للصنف ١٩٨٨ الدهليز كالفوق مملوءة لفتين ونصف لفة. الكوة المستديرة كالكوة البيضية.

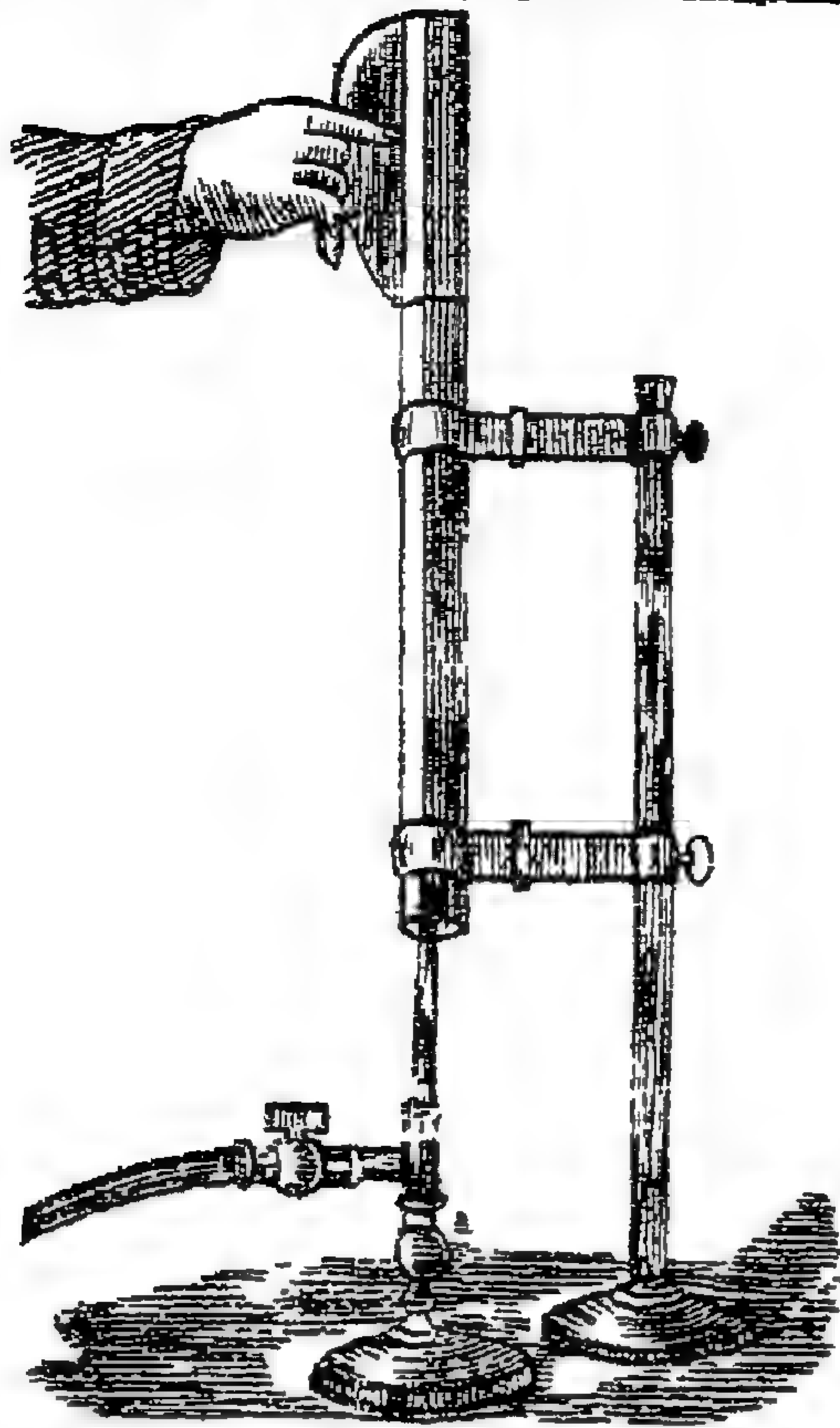
(١) اذا دخلت اصبعك في اذنك وقبضت عضلات يدك قبضا شديدا سمعت صوتا عميقا كصوت

الجرس الكبير يهتز ٣٢ اهتزازة في الثانية

فرب اثنين يصحى السمع يلقى احدهما من حديد الضرور ولا يسمع له الاخر صوتا البتة. والظاهر ان الاصوات السريعة الاهتزاز القصيرة تؤثر في عصب السمع اشد مما تؤثر فيه الاصوات البطيئة الاهتزاز الطويلة. ولهذا ينتبه الناس الى خفيف اجنحة الجراد اكثر مما ينتبهون الى هبوب النسيم بين الاغصان ولا يسمعون للرياح العلوية صوتا مع انها تجري فوقهم جرى البهار لهذا سماع ولا يسمعون له هوجاء حتى تصدم بيتا او تقطع شجرة فيسمعون لها حينئذ صوتا شديدا وما هو الا امواج ثانوية اقصر من امواج الهوجاء قبل صدمها البيت او قتلها الشجرة. الا ان ذلك لا يخلو من الشدة واذ فان من الناس من لا يسمع الاصوات العالية البتة وسمعه للاصوات المنخفضة شديدا. حكى ان فتاة لم تسمع رنين الجرس وهو يدق شديدا بل سمعت طقطقة عند وضعه في محله.

واعلم ان عدم سمعنا الاصوات ليس بدليل على عدم وجودها فمن المحتمل ان يوجد في الارض اصوات لا نعلم بها البتة. ولو تسبعت فينا حاسة السمع اكثر مما هي عليه فربما كنا نسمع حولنا اصواتا لا نخطرنا الآن على بال. وعلى ذلك قال بعض الافاضل لا يبعد ان حديد السماء يصد حون بتساويهم حونا حتى ترقص الارض طربا من تساويهم ونحن حتم لها لا نسمع الاصوات صلواتنا الفاترة. ومن الجواب ان الاذن تميز الاصوات فتميزها وترد كلا منها الى صله ولو وردت اليها من موارد لا تخصه فلو عرفت بالهت معرفت من المعازف فالاذن تميز بعضها من بعض وتودي تأثير كل منها الى النفس فتطرب النفس لكل منها بقدر ما يؤثر فيها من الطرب مع ان اصواتها تهتز الهواء في جهات متخالفة ومتضادة وتختص كلها في مجرى دقيق من الهواء لا يريد تختل عن نحن صالح الاذن.

(٢٢٣) استعداد الطبيعة للتطريب. قال العلامة تندر ان الاحكام لغني كالمغني فاذا اطلقت رصاصته في الهواء انطلقت ولها صوت تغريد كصوت الطير واذا اهتزت الرياح الاغصان مالت ولها حنين. وقالوا ان ضجيج الناس المدن وكل ضجة اذا سمعت عن بعد سمعت على برج ومن السليم فكيفما



الشكل ١٠٠

توجدنا في الأرض نرى فيها ونسمع ما يلزم للنظر والسمع ولذلك الآلات الخلق ليسر بتطريب ما لا يعقل بل ما لا حياة فيه كما سترجع من ما صنعت يداه فتبارك من خلقت حكيم.

(٢٣٣) الذهب الحاسد قد يتأثر الذهب تأثراً ظاهراً باهتزاز الأصوات فيرقص ههنا باهتزازها ففي البلاد التي يصفون فيها الغازات تراقص الأنوار في بيالي المطرب مهتزة كاهلها الأصوات التي تحلونها. قال بعضهم شاهدت نوراً يرقص ويتلوى عند الصغير كان فيه انفعالات البشر وكان لشدة تأثيره تلك الساعة الصغيرة عند تقربها إليه. وقد استعملوا اهتزاز هذه الذهب لظواهر الفرق بين أصوات الحوت العلة وغير ذلك من تجارب الصوت.

(٢٣٥) الذهب المغنيتة إذا انزلنا الأنبوبة من الزجاج على الحديد روجين كما نرى في الشكل ١٠٠ فبعد بلوغها حداً يصوت الذهب مغنياً. ويخال السامع صوته أولاً بعيداً ثم يخاله يقرب منه حتى يصير شديداً يستصعب سماعه. وتوقف نغمة هذا الصوت على حجم الذهب وطول الأنبوبة وسبب اتحاد الحديد روجين بالكسجين الهوائي بنفثه تحتوى اليه من الكيمياء.

(٢٣٦) مسائل للتمرين (د ١٠) لماذا لا يقدر الذين يكونون في مؤخرة صف طويل من الجيش على ضبط اوقات الموسيقى اذا كانت في المقدمة (د ٢) تأخر الرعد عن البرق ثلاث دقائق فكم بعد الزايدة (د ٣) مرت خمس ثوان بين ضوء المدفع وصوته فكم بعد (د ٤) كم يقتضي للصوت من الزمان حتى يصل من قرية الى اخرى تبعد عنها عشرة اميال لو وصل بينهما بانوية الكلمة (د ٥) اطلق زيد بتدقيقه قباله صخرة فرجع الصدى عنها في اربع ثوان فكم بعد ما عنه (د ٦) ما هو سبب الاختلاف بين صوت الرجال والنساء وبين المباس والمشر (د ٧) تكسرفيزك من نيازك ١٣ تشرين الثاني ١٨٦٨ على علو ٦٠ ميلا في كم من الزمان وصل حوته الى الارض (د ٨) رميتا حجران في بئر ثم سمعا صوت معادمتهم فعرها بعد اربع ثوان فكم عمقها (د ٩) في كم من الزمان يسير الصوت خمسة اميال في ماء بحر هادئ (د ١٠) كم تزيد شدة الصوت المدافع عند من يسمعه على بعد عشرين قصبة على شدة عند من يسمعه على بعد نصف ميل (د ١١) على راس الجبل تزيد سرعة الصوت ١ م على سفح (د ١٢) لماذا يكون الصدى اضعف من الصوت الاصل (د ١٣) لماذا يتعب المتكلم بوق التكلم (د ١٤) كم عدد الاهتزازات التي يهزها البرج الخامس من السلم الطبيعي في الثانية (د ١٥) ما هو طول امواج الصوت في ذلك البرج اذا كانت درجة الحرارة صفرا (د ١٦) كم عدد الاهتزازات في البرج الرابع من السلم الطبيعي (د ١٧) اصنع سببا بتدوين ثقل بعضها عن بعض لذيوانين من السلم

ملحق

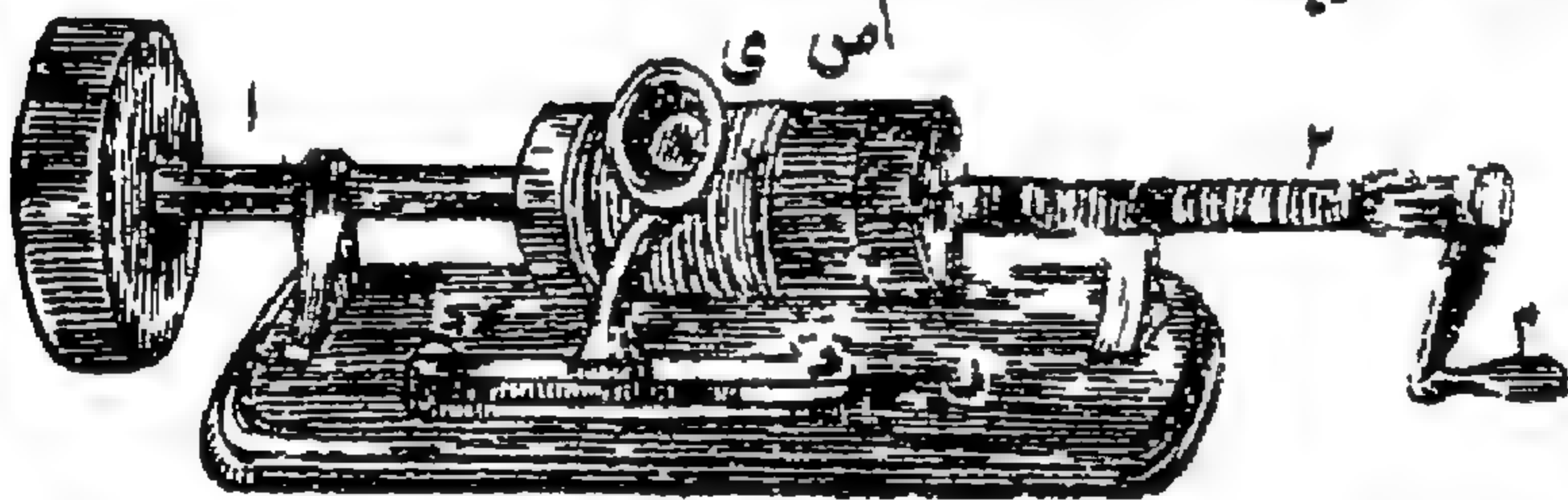
في غرائب الصوت والفوتغراف

قال سليمان: سمع صوت المدافع عن بعد ٢٥٠ ميل بوضع الاذن على الارض. قيل: سمع صوت المدافع في حوب جنة من مدينة درسدن على بعد ٦٢ ميلا. وفي

فيوكس بولاية قرجينيا من الولايات المتحدة مكان يرد صدی عشرين نغمة تعرف بالفلوت ولكنه يغير علو بعضها عامر. وقال السرجون هرشل تتمتع تلك الساعة الصغيرة في كنيسة الی بانكلترا من طرف الى طرف. وفي أبيل آف ویت بئر لمساء من الداخل عمقها ٢١٠ اقدام وعرضها ٢٢ قدماً فاذا وقعت فيها الابرة سمع صوت مصادمتها للماء. وفي بعض جهات الكولومبيوم بلندن يسمع صوت تمرير الورق كقطقة البرد من فكرير المصدی له واذا تكلم الانسان فيه كلمة رقت عليه متتالية كانها فقهة الضاحك.

اذا تعبت النملكان صوت دندنتها على ومن السلم واما اذا هبت تحنى فيكون صوتها على اذا أمسكت ذبابة الخيل صفقت جناحيها ٥٠ صفقة في الثانية والنملة ١٩٠ صفقة. ومن العجيب ان قوة قليلة تحرك مقداراً عظيماً من الهواء فاننا نسمع للطائر صوتاً واضحاً عن علو ٥٠٠ قدم وذلك يقتضى له تحريك كرة من الهواء قطرها ... اقدام ونقل هوأشاً اكثر من ١٣٩٠٠ افة.

فونوغراف ادلين. قد اخترع ادلين الفيلسوف الاميرال كافي آلة لاعادة الصوت تسمى فونوغراف وهي كلمة يونانية معناها كاتب الصوت وقد اشتمت هذه الآلة لامين الاقل بساطة تركيبها والثاني عظم فائدتها.



الشكل ١٣١

تري في الشكل ١٣١ فوهى شيتي بالاذن فونهايت غشاء طبلى بعدنى من رقيق وقد غرز اس حد من فولاذى زنبورك على قفا الغشاء وهذا الراس المحدود يضغط بلطف



الشكل ١٣٢

على سطح صفيحة من زنك ويثبت اليها اهزازات الغشاء توسط انايب مجوف المند وانبوة انحرافه تسكن اهزازات الزنبورك نفسه وهذا يدل عليه في الشكل ١٣٢ الذى هو صورة مكبرة.

اما صفيحة التنك فمعلوفة على محيط اسطوانة مستطيلة من على وجهها حفر لولبي مصنوع بكل دقة واحكام كل خيط منه نحو قيراط. والاسطوانة تشتغل دائرة على لولب الذي خيطاته كخيطان الاسطوانة نفسها ويدار بواسطة المقيض. وتلك الحركة يضبطها دوكلاب كبير. وفي الآلة نظام آخر ذو رية يترب موقع الفوهة وضغطها على صفيحة التنك.

فاذا اعتزل الغشاء بالتكلم والترنم في الفوهة حينئذ اذ الاسطوانة اذارة متصلة فذلك يجعل سردا من نقط وخطوط على صفيحة التنك التي تحفظها الكواكب غير مرئية.

ثم اذا انعكس العمل بان تعكس اذارة الآلة تنشئ صفيحة التنك المهززة صوت الغناء او التكلم الذي كانت قد اشتغلت به الفوهة. والاحسن لرد الصوت استعمال فوهة خصوصية غظم من الفوهة الاولى مختصة كالتي في الشكل ١٢٢. وهذه ترتب بحيث يشتغل الراس المحدد في حوز سير التنك بين خيطان اللولب الذي للاسطوانة وذلك يجعل نحر الفوهة يهتز ولما كانت اهتزازاته متصلة بالهواء بواسطة الفوهة بعيد الصوت. فاذا اريد ان يكون الصوت مرتفع استعمل له الغشاء الرقيق المرن. واذا اريد ان يكون واضحا اختير له غشاء صلب.

وعلى هذا الاسلوب قد اعيد الصوت وسمع واضحا. اما للمقاطع فستارة مع كونها ضعيفة والفوهة بعيدة عن الشخص الذي يتكلم فيها ولكن بخفة فعلى هذا يمكن ان يحزن الكلام على سير من تنك ويحفظ ما مديا ويمكن ان يعاد الصوت اكثر من مرة بواسطة سير التنك غير انه بعد الاعادة ثانياة تضعف قوته كثيرا.

اذا ازدادت سرعة الدوران عما كانت قبل تغيير لجة التكلم واذا لم تكن على نسق واحد فالاعادة في الترنم غير صحيحة. فلكي تجعل السرعة على نسق واحد فلا تستعمل لذلك ساعة كبيرة ثم ان في درجات النوح للمقاطع والحركات التي تعاد فرقا جسيما. فان السين مثلا اذا ادبر الفونوغراف في عكس لجهة قليلة الوضوح جدا ولكن سائر الحروف تبقى على سميتها وتعاد الكلمات والحروف معا مقلوبة. وحسب تقرير ادين يمكن تدوين ٢٠٠٠ كلمة على فسيحة لا تفوق عشرة

الباب الثامن

في البصريات الفصل الأول في النور ونواميسه

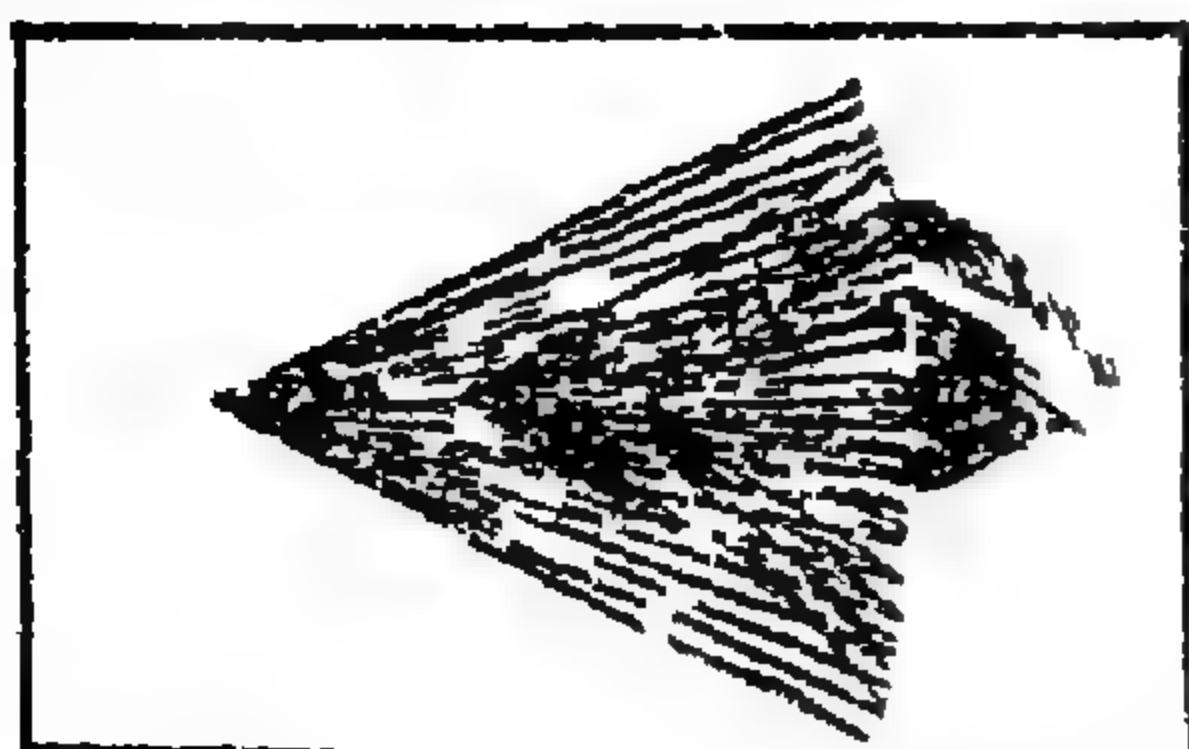
(٢٢٤) حدود مجرى البصريات فن يبحث فيه عن النور والاجسام
من حيث ملابستها للنور اما منيرة وهي ما يصدر النور منه كالشمس والنار
ومخوها واما مظلمة وهي ما لا يصدر منه نور بل ينعكس عنه نور غيره
اذا وقع عليه وهذا لا ترى الا بنور مكتسب من غيرها كالقمر والحجر ومخوها
والاجسام من حيث نفوذ النور منها اما شفافة او شبهة بالشفافة او
ظلمة فالشفافة هي التي يعق النور ليسير عن نفوذ منها كالزجاج فرى
الاشباح من وراءها والشبهة بالشفافة هي التي يعق النور كثيرا عن نفوذها
كالورق المرنيت ومخوها فلا ترى الاشباح من وراءها والظلمة
هي التي لا ينفذها النور كالبحر ومخوها بل تلقى ظلا كثيفا على الارض *

د م الشفاف والظليل كنهان اعتباريات فلا جرم نام الشفافية كالإطلاق لانه لا بد للشفاف من

ان يصدر بعض النور عن نفوذ فاني اعني الزجاج بعض النور ليسير او يقال انه ليسا رعن الهواء

الدروس الأولى في فلسفة الطبيعة ١٠٤ الباب الثامن في البهريات الفصل الأول في النور ونواحيه

والوسط هو المكان والجسم الذي يسير النور فيه كالفضاء والماء والهواء والنار وما أشبهه. وشعاع النور خط واحد من خطوطه. فإذا أدخل النور من ثقب دقيق إلى غرفة مظلمة ظهرت الشعاع من سطحان للهباء الذي



تقع عليه وقلم النور عدة اشعة منفردة من نقطة واحدة أو منضمة إليها. أما المنفردة فهي التي تنفرد من نقطة واحدة واما المنضمة فهي التي تلتقي في نقطة واحدة

الشكل ١٢٣

بعد تفرقها. ترى ثلاثة افلام في الشكل ١٢٣ وحبل النور اشعة



الشكل ١٢٢

متوازية مجتمعة معاً.

٢٢٨ زاوية النظر هي الزاوية الواقعة بين شعاعين تتقيان في العين أحدهما من طرف واحد من الشئ المنظور والآخر من طرف الآخر.

ليكن اب د الشكل ١٢٢ شيئاً تراه العين وفالزاوية اب د هي زاوية النظر هي تصغر بعد الجسم عن العين فإذا قلنا الشئ اب إلى اد تصير زاوية النظر اد د وهي اصغر من الزاوية اب د فلذلك يظهر الشئ اد اصغر من اب. إذا إذا كنا هذه الزاوية ا و صغرها بواسطة الوسائط مع بقاء بعد الشئ على حاله فكلما شئ العين ا و تصغره كما سيأتي

لأن لا يصل إلينا نور من الشمس ولا الكواكب ولا بد للليل من ان ينقذ بعض النور فان الذهب اذا اطلق ورقا يحضرونه ويشع كالشبه بالشفاف وكذلك القرون اذا قشرت. وقد وجدوا ان النور ينقذ اسله الباقى الباقى لا يبقى ما هناك في الظلام الحالك طول دهره.

في المبادئ والعدييات انشاء الله تعالى.

٢٣٥ ر. النور. النور شيء اذا اصاب شبكة العين أثر فيها البصر
وفي ماهيته قولان احدها انه مادة لطيفة مؤلفة من دقائق صغيرة جدا
تنبعث من الاجسام المنيرة الى كل الجهات في خطوط مستقيمة بغاية السرعة
فتصيب الاجسام ثم تنعكس عنها الى العين فتبصر العين الاجسام بما وهد
قول اسحق بنون وطائفة من الطبيعيين وقد كاد يبطل به. والآخر ان النور
ليس مادة بل اهتزاز في الاثير والاثير سائل على غاية اللطافة منتشر في
جميع نواحي الكون يشغل كل فراغ ويغزل مسام الاجسام فينفذ من مسام
الزجاج ويشغل الفراغ التي تحدها المفرغ في القابلة ولا يقبل كاشفا
من الكواشف الكيمية.

ولبيان حدوث النور من الاجسام المنيرة يظن ان الشمس ونحوها تكون دقائقها في
حالة الاهتزاز على الدوام فيمتزجا اهتزازها الاثير الملايس لها ويتموج امواج مستديرة حول
الجسم المنير حتى يقع على العين فتشرب النور وحتى يصيب الاجسام وينعكس عنها الى العين فتبصرها
بواسطته. فتكون امواج النور على هذا القول كما امواج الصوت ولكن الصوت يكون في الهواء
والنور في الاثير والصوت يسير في نفس الجهة التي تسير فيها امواجه واما النور فيسير في
جهة معارضة لجهة امواجه. فاذا وقعت شعاع علينا من نجم فوق رؤسنا والدقائق
التي تتألف منها امواج تلك الشعاع تهتز الى الشمال والجنوب والشرق والغرب وكل جهة
بين هذه الجهات الاربعة بحيث تكون جهة اهتزازها عمودية على جهة نزول الشعاع.

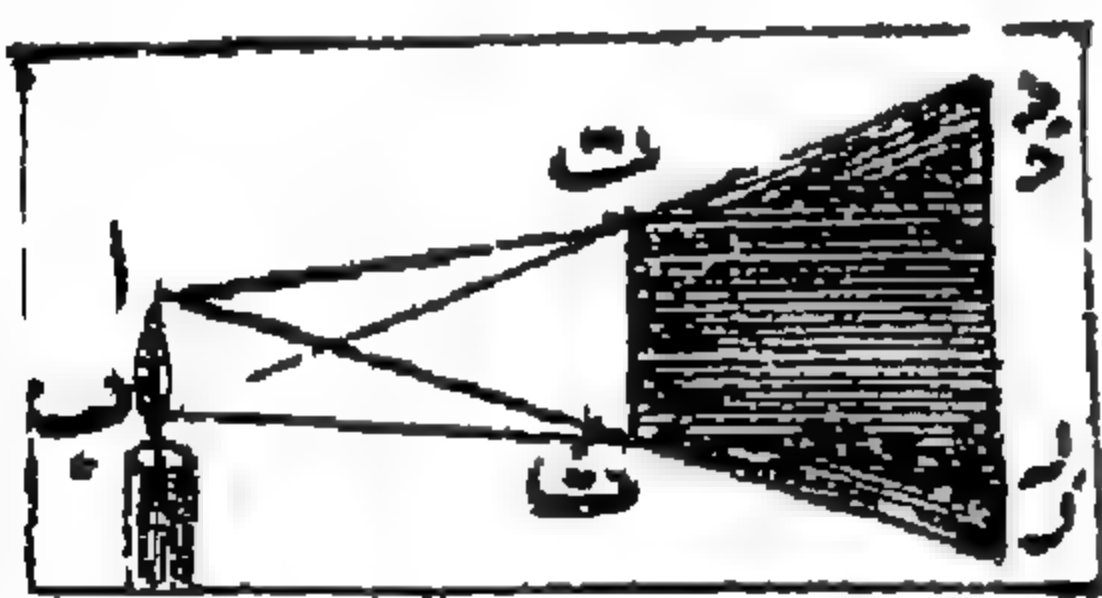
٢٣٥ ر. نواحي النور. نواحي النور ثلاث اثنى الاول. ان النور ينبعث
بالتساوي من الجسم المنير الى كل الجهات. ودليل ذلك اننا نرى الجسم
المنير من اي ناحية ننظر اليه ولا يخفى جزء منه عنا اكثر من غيره كيف
ما درنا حوله.

الثاني. ان النور يسير في خطوط مستقيمة اذا اخترق وسطا

متجانس الأعضاء - اعني ان يكون تركيب الوسط واحداً وكثافته
واحدة في كل اجزائه .

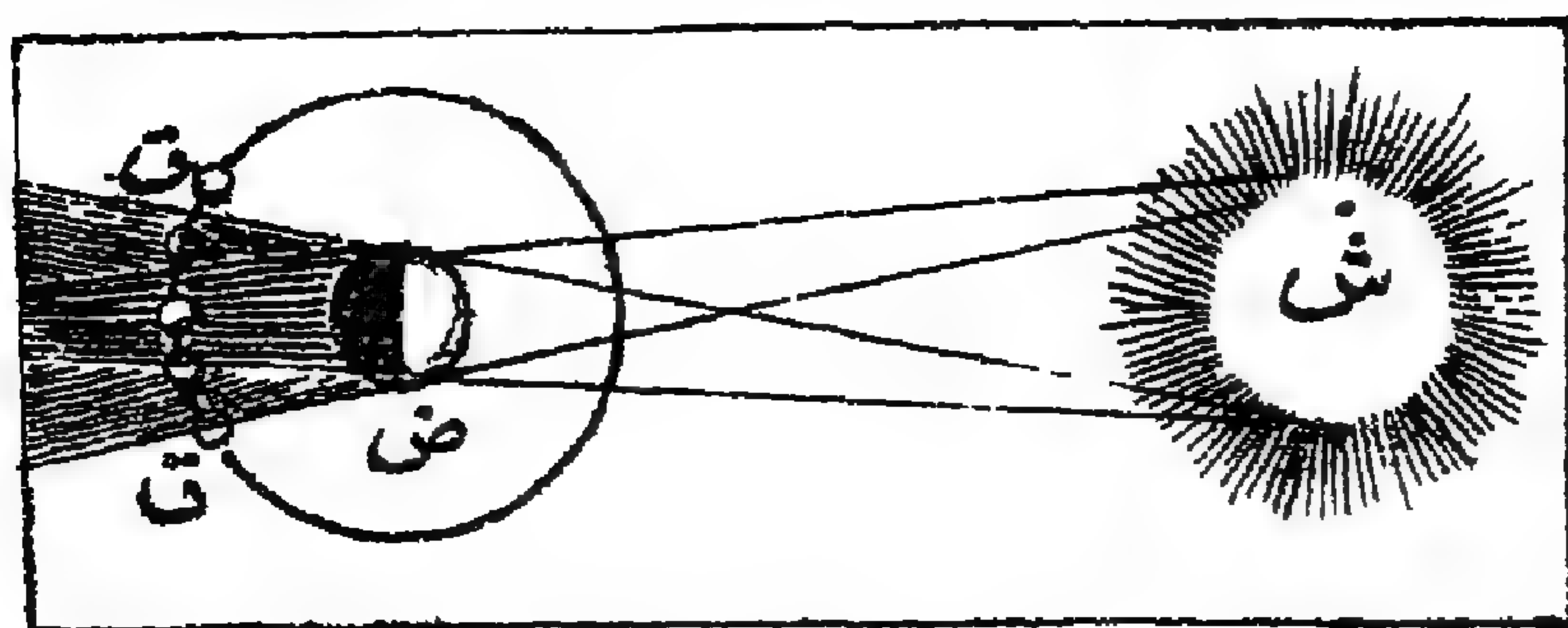
ودليل ذلك انه اذا تعرض جسم ظليل بين عيوننا وبين الاجسام المنيرة بخلف
الجسم المنير غلظ اشعته تسير في خطوط مستقيمة فلا تدور حول الجسم الظليل حتى
تقع على عيوننا . ولذا لا نرى الاشباح من وراء الحائط ولا من وراء صفائح متعددة
مشقوقة ما لم تكن ثقوبها واقعة بعضها فوق بعض بحيث تدخل الاشعة منها على استقامتها
(٢٥١) انظر والظليل . الظل انقطاع اشعة الشمس او نحوها عن مكان
محيلة جسم ظليل بينها وبينه . والظليل انقطاع بعض اشعة الشمس عنه وهو
متوسط بين النور والظل . وبيان ذلك ليكن اب د الشكل ١٢٥ هيب شمعة
وعت دشم ظليل قبالته فعد وقوع الاشعة من اب على دت تصد عن نفوذ
فيبقى ما وراءه مظلماً وهو ظله .

فلو كان ضوء الشعة نقطة واحدة فقط لالتقي النور ورايات دت ظلاً ظليلاً
فقط ولكن ضوءها مؤلف من نقطة عديدة وكل نقطة تبعث قلماً منفرجاً
من النور الى كل الجهات . فالنقطة اشد تبعث
دت اذ فتى وقع على طرفي الشيمت دت تذهب
الشعاعات في جهة ذوا الشعاعات في جهة ز
والنقطة ب تبعث القلم دت بيت فتد هب شعاعه



الشكل ١٢٥

دت ب في جهة روت ب في جهة دنا القلم المنبعث من ايلقى ظلاً على الصفحة دت
روداً على الصفحة دت ذوالقلم المنبثق من ب يلقي نوراً على الصفحة الاولى ظلاً
على الثانية بعكس الاول واقلام بقية النقاط التي بينهما تلقى ظلاً على الواحدة و
نوراً على الاخرى حسب قربها من اوب . فيكون الظل في الصفحة المذكورتين
اقل ظلاماً من دت دت الذي لا يقع عليه نور . واقل نوراً من بقية الاجزاء
المستنيرة ولذلك يسمى ظليلاً وهو يقل ظلاماً كلما ابتعد عن الظل ويشاهد

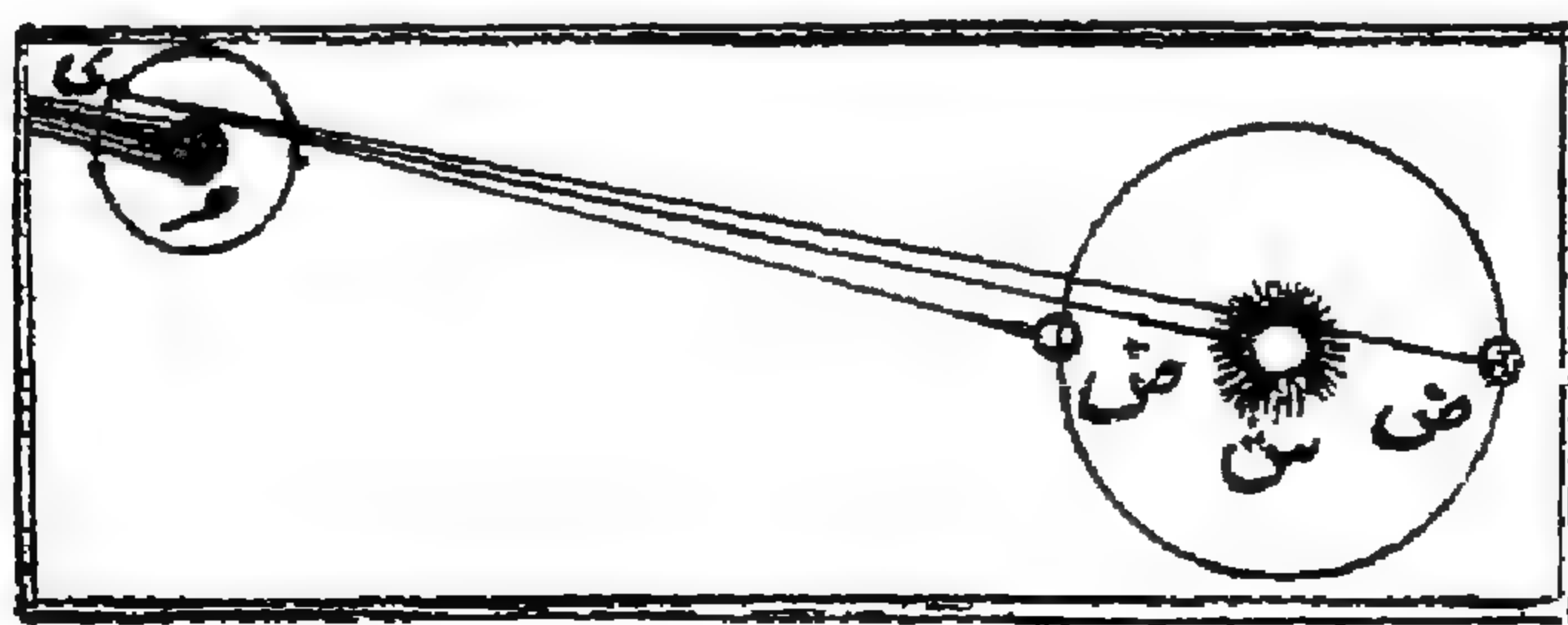


الشكل ١٢٤

جلباً في ظل الأرض عند انخساف القمر فإنه ينخسف أولاً بدخوله الظليل ثم
الظل كما ترى في الشكل ١٢٤ ش الشمس وض الأرض ق القمر في ظلها وظليلها.

(٢٥٢) الناموس الثالث: ان كثافة النور تنقص بعدد ما
يزيد ربع بعدة. فإذا أضأنا خمسة مصابيح متساوية النور كثافة مقدار
وضعا مصباحاً منها على ذراع واحدة والبقية على بعد ذراعين عنا
رأينا نوره معاً ولا نور الأربعة معاً. وسبب تناقص كثافة النور بزيادة ربع
بعدة هو ان اشعة تنفج في البعد فتتشر على سطح اوسع من الأول كلما بعدت.

(٢٥٣) سرعة النور: المعقول عليه ان هو ان النور يقطع ... ١٩٢٠٠٠
ميل في الثانية وبغض سرعته هذه لا يشعر بها عادة على الأرض فيها
كان بعدة عن الناظر يظهر له وللذين البعد منه في وقت واحد حتى
انه لو دار قلم من حول الأرض لا يحل دورته لسرع من طهر البصر.



الشكل ١٢٥

تستعمل سرعة النور بطرق متنوعة لسطحها خسوف اقمار المشتري وذلك ان يسير
المشتري اربعة اقمار تدور حول في مدلات مختلفة. فتق وقع بين الشمس وبينها
تمر في ظلها فتختسف عنا في اوقات معلومة فمن انخسافها هذا استخراج فلكي دنا ركن

الفصل الثاني

في انعكاس النور

(٢٥٥) النور المستطير والنور المنعكس. انعكاس النور هو رجوعه عن جسم بعد وقوعه عليه من جسم مضيء. فاذا كان الجسم الذي يقع النور عليه من السطح فليسبب خشونته تفرق الأشعة عنه منتشرة من كل الجهات فيرى ذلك الجسم من كل جهة ويسمى النور المندفع عنه النور المستطير. واما اذا كان السطح صقيلاً فنندفع اشعة النور عنه الى جهة واحدة او الى جهات معينة فلا نرى منه صور الاشباح الا اذا وقفنا في تلك الجهات المعينة ويسمى هذا النور النور المنعكس.

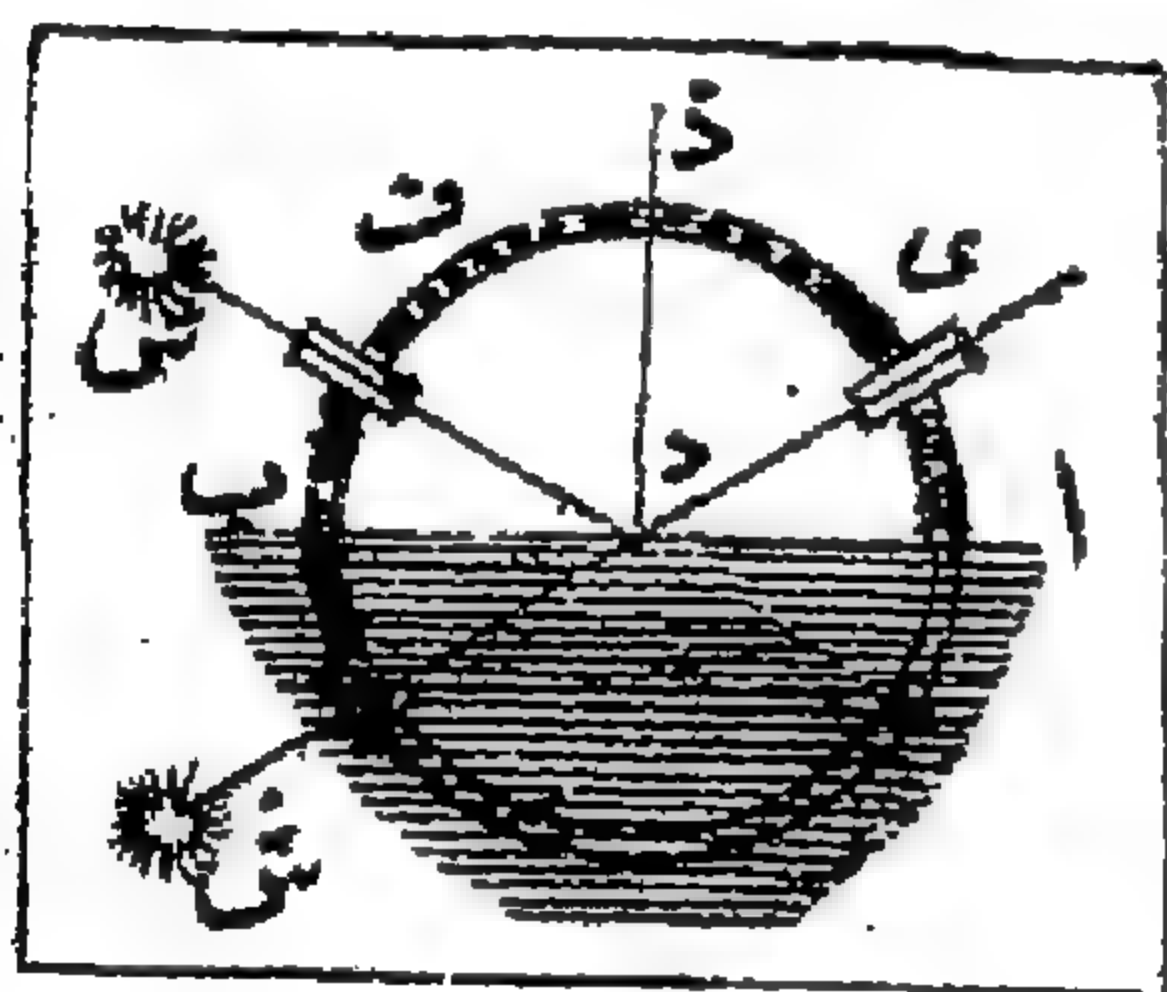
بالنور المستطير نرى الاشباح الظليلة نفسها وبالنور المنعكس نرى صورة الاشباح لا الاشباح نفسها لان الاجسام الصقيلة التي يندفع عنها النور المنعكس لا تظهر هي به وانما تظهر به الاشباح التي اوقعت عليها. كالمراة مثلاً فاننا لا نراها هي بالنور المنعكس بل نرى الاشباح التي توقع النور عليها. واذا قبل كيف ترى المراة نفسها فالجواب اننا نراها بالنور المستطير فقط ولو كانت تامة الصفاة والشفافية لم نرها البتة. ومن الشواهد على ذلك ان رجلاً اذا اذ تغيرت سهل على الانسان ان يعلم بوجودها لانها تخشع وكما صفت عسر عليه ذلك حتى ان كثيرين يرون صور الناس في المراة فيحسبون انهم انفسهم لا صورهم لعدم علمهم بوجود المراة.

واعلم ان النور اذا وقع على جسم شفاف فالجانب الاكبر منه ينفذ والاصغر ينعكس عنه واذا وقع على جسم ظليل فبعضه ينعكس عنه وبعضه يمتص ويزيد مقدار ما ينعكس

من النور بحسب صفة الجسم فكما زادت الصفة زاد النور المنعكس لا إذا كان لون الجسم
اسود فانه يمتص النور ولولا النور المستطير والمنعكس لم نقدر على رؤية الاشباح ولا
رؤية صورها. فكل ما يرى من جسم ولون وصورة انما يرى بالنور المتدفع عنه.

(٢٥٦) فاما موس العكاس النور. هو مثل تاموس انعكاس الاجسام المرئية
والاصوات اعني ان زاوية الوقوع تعدل زاوية الانعكاس. وتكون كلتا
الشعاعين الواقعتين والمنعكستين في سطح واحد عمودي على السطح العاكس.

ويتضمن ذلك من هذه التجربة. وهي: إذا وضعت العين في الأنبوبة (الشكل ١٣٨)
وكانت الأنبوبة متجهة إلى الشمس ظهرت صورة الشمس عند من كان الشعاع
من دت عكس عن سطح الزيت اب من دالى. ثم إذا قيست الزاوية ف د ذ وهى
زاوية الوقوع و د دى وهى زاوية الانعكاس كانتا متساويتين ولا ترى صورة الشمس



من غيرى اذا اديرت الانبوية من مكانها الى
جهة اخرى لانها تخرج عن حد زاوية الانعكاس
واما كون الشعاعين الواقع والمنعكس في سطح واحد
عمودى على السطح العاكس فلان محورى الانبويتين

ی وقت یجعلان عند عمل الآلة فی سطح واحد مواز

سطح الدائرة ذي ا ب وهذه الدائرة توضع بحيث يكون سطحها عمودياً على ا ب اي
على السطح العاكس فالشعاعان اللتان تمران في محوري الانبوينتين تكونان في سطح
واحد عمودي على السطح العاكس واذا اُميلت الدائرة فلا ترى صورة الشمس
ثم ان النور المنعكس عن سطح تزداد كثافته بانعكاسه عنه بعد الوقوع عليه كما كانت
قبل الوقوع عليه وذلك لان السطح العاكس يقوي موجات النور بعد المصادمة اليه
تزداد كثافته اي لمعانه فاذا وقعت شعاع على السطح عمودية انعكست عنه بوجهها
في خطها العمودي بأعظم كثافة وكلما مالت الشعاع عن الخط العمودي على السطح من
نقطة الوقوع تعظم كثافته بعد انعكاسها عن التي تحصل لها بعد انعكاسها لو
وقعت عمودية اي ان الشعاع تزداد كثافته المندفعة منها عن السطح بزيادة ميلها

عن الخط العمودي عليه في نقطة الوقوع. فاذا وضعت مثلاً طلمية ورق امام مصباح افقية ونظر اليها بزيادة انحراف اى بتقريب النظر الى الطلمية ترى صورة لهيب المصباح بالانعكاس ولكنها لا ترى اذا كانت الشعاع اقل انحرافاً اى قرب الى العمودي على الورق في نقطة الوقوع ولذلك كلما بعدت الشمس عن هاجرة نحو الشرق او نحو الغرب اشتد ضياء صورتها في مرآة او في ماء وقس عليه.

(٢٥٤) الجهة التي تظهر الاشباح فيها. انما لا نرى الاشباح الا في جهة الاشعة الداخلة منها الى عيوننا. فاذا وصلت اليها الاشعة رأساً من غير ان تنحرف عن استقامتها رأينا الاشباح في اماكنها الحقيقية واما اذا انحرفت بانعكاسها من جهة الى اخرى او بانكسارها كما ستعلم رأينا الاشباح في الجهة الاخيرة التي تدخل فيها الاشعة الى عيوننا. فاذا كان ضوء عن اليمين وانحرفت اشعة حتى دخلت العين عن اليسار حسيناها عن اليسار لا عن اليمين ولذلك يقال ان الاشباح تظهر في جهة الاشعة الاخيرة وهو قول كثير الورود فاحفظه.

(٢٥٨) المرايا كل سطح صقيل يعكس النور يسمى مرآة والمرايا على ثلاثة انواع مستوية ومحدبة ومقعرة. فالمستوية هي التي سطحها مستو كالمرآة الاعتيادية. والمحدبة هي التي سطحها محدب كسطح زجاجة الساعة الاعلى. والمقعرة هي التي سطحها مقعر كسطح زجاجة الساعة الاسفل.

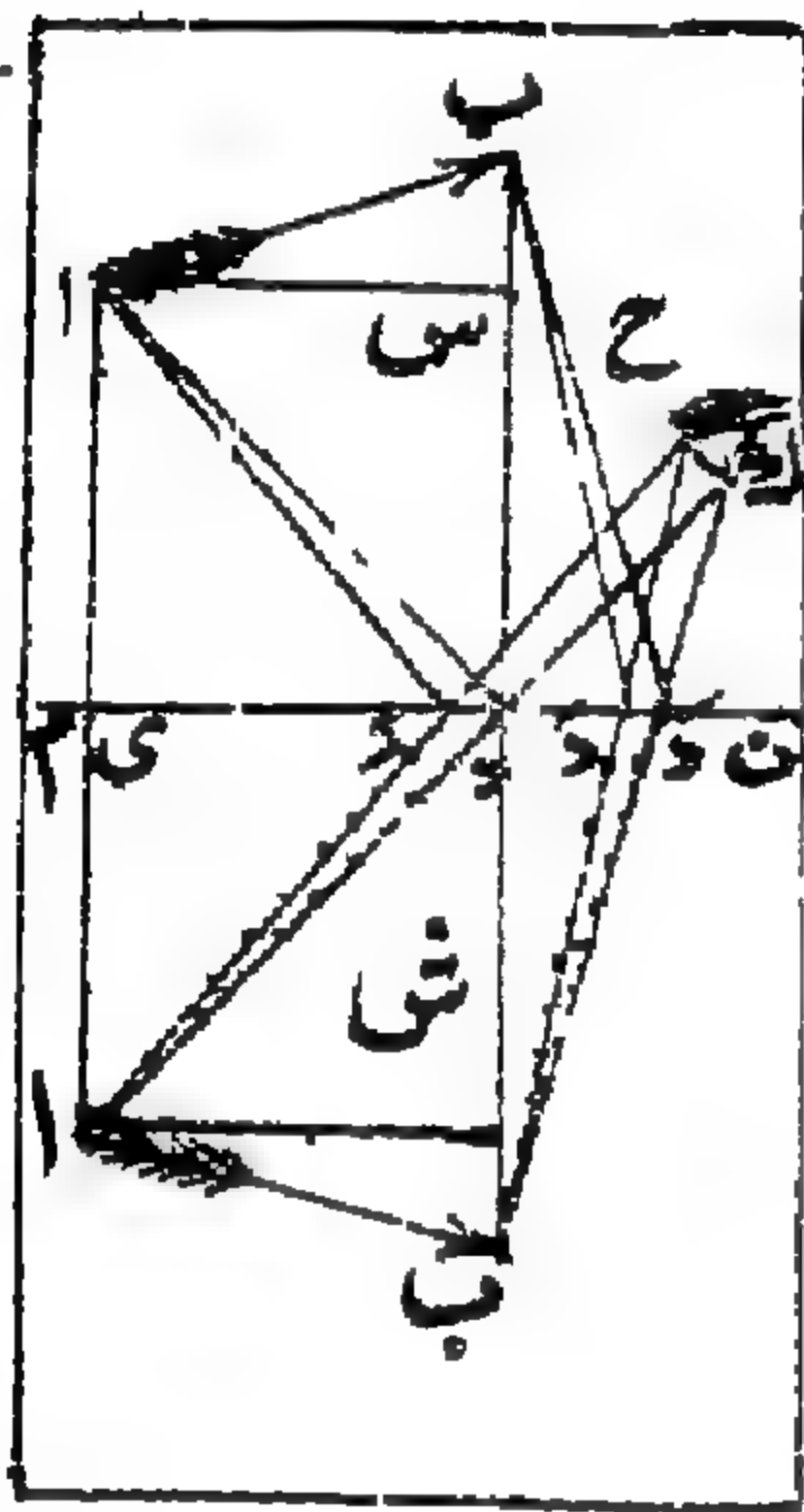
(٢٥٩) المرآة المستوية السطح. ان اشعة النور ترجع بعد انعكاسها عن سطح مستو مائلة عن العمودي من نقطة الوقوع كما يراها عينه واقعة. فاذا وقف شخص امام مرآة مستوية السطح فكل الاشعة التي تقع منه على المرآة تنعكس باقية على اوضاعها الاصلية (١) لان زوايا الوقوع فيها جميعاً تعدل زوايا الانعكاس.

(١) تسهل معرفة جهة الاشعة المنعكسة في انواع المرايا الثلاث برسم خط عمودي على سطح كل منها في النقطة التي

تقع الاشعة عليها فتكون زاوية الوقوع بين الخط العمودي والاشعة. ثم ترسم زاوية تساويها على الجانب المقابل من العمودي فتكون زاوية الانعكاس. ولكي لا تلبس على الطالب معرفة رسم المرايا فمنها العمودي على المرآة المقعرة والمحدبة نقول انه يكون دائماً نصف قطر الكرة التي تحسب المراة فيها

فالأشعة الواقعة من الوجه على المرآة مثلاً تنعكس مرتباً بعضها بالنظر إلى البعض الآخر كترتيبها حال وقوعها وقس على ما تقدم. فتظهر صورة الشخص في المرآة للمستوية معقوفة مجتمعة بقدر حجمه ولكن يمينها يوافق يساره ويسارها يمينه.

(٢٤٠) كل صورة تظهر وراء مرآة يكون بعدها عن المرآة بقدر بعد صاحب الصورة أمامها.



ولا يصحح ذلك لنفرض اب والشكل ١٢٩ سهما موضوعاً مقابل المرآة م. فالأشعة التي تقع من النقطة اعلى د من المرآة تنعكس وتدخل العين فيسببها الناظر آتية من آله يراها في جهتها الأخيرة دعد ٢٥ والأشعة التي تقع من ب على د من المرآة تظهر أنها آتية من ب بعد انعكاسها إلى العين. فتظهر صورة اسم اب عند آ ب على بعد من المرآة م يساوي بعد السم عنها كما يتبين هندسياً. ولذلك يكون بعد صور الاشباح خلف وجه المرآة بقدر بعد الاشباح نفسها عنها امام وجهها.

الشكل ١٢٩

(٢٤١) تعد صورة الشجر في مرآة واحدة. قبل ايضاح ذلك نقول ان المرايا اما زجاجية وهي التي تصنع من لوح من الزجاج قد طلى احد وجهيه بالقصدير والزئبق. واما معدنية وهي التي تصنع من الذهب والفضة او القصدير او الفولاذ او غيره. فالمعدنية لا يرى فيها الا صورة واضحة واما الزجاجية فيرى فيها صورتان احدهما الصورة التي يعكسها سطح الزجاج الصقيل عند وقوع اشعة الشجر عليه وهي الخفية والاخرى الصورة التي يعكسها

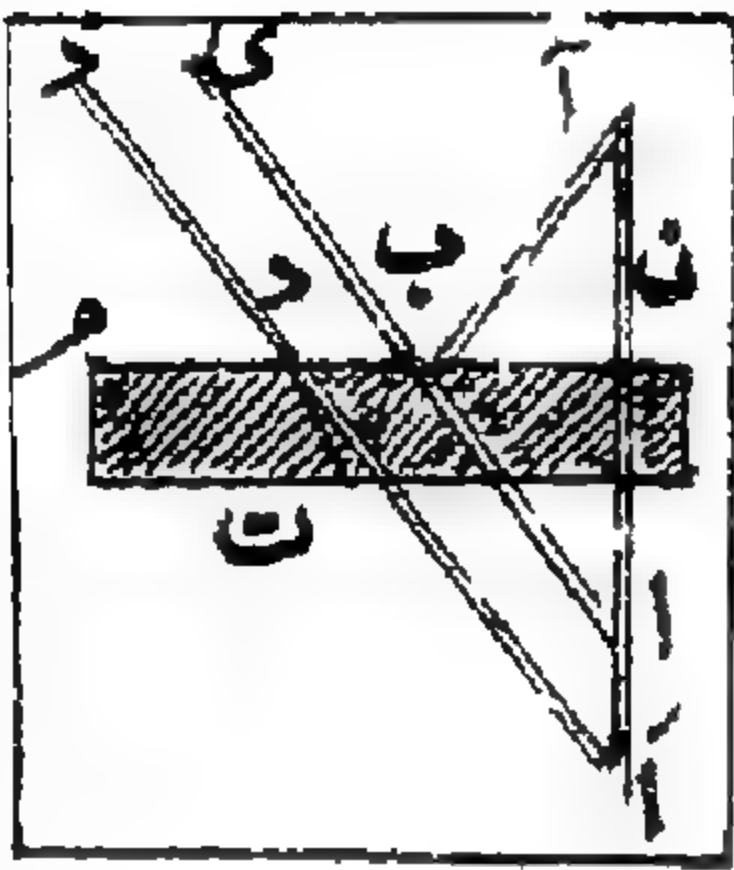
(بقية صفحة ٢١٣) ويرسم من مركز هذه الدائرة عموداً على النقطة التي تقع الأشعة عليها. ولزيادة التسهيل في درس المرايا يلفت الطالب المحوطة في المرآة فاذا انعزته المرآة المقعرة او المحدبة فيستغل ملقة من اعدان اللامع مكانها او طاساً

(١) ان اصل المرايا غير معروف والمعول عليها ان الماء كان يقوم قديماً مقامها والظاهر ان المرايا

المعدنية قديمة العهد جداً فقد ذكرت في سفر الخروج.

طلأ القصدير والزئبق وهي الواضحة (١). وإذا نظرنا إلى مرآة الزجاج بالوراب رأينا للشبح صوراً متعددة غير الصورتين المذكورتين وسبب ذلك يتضح مما يأتي.

ليكن (الشكل ١٥٠) جسماً مستديراً ومن مرآة من الزجاج وعين الناظر في جهة مائلة عليها كما ترى عند وقوع الأشعة من أعلى ب من المرآة فيعكس بعضها إلى العين الناظر فيرى صورة عدد وينفذ بعضها الزجاج حتى يصل إلى القصديرت فيعكس عنه ويصل قسم منه إلى العين الناظر أيضاً فيرى صورة ثانية أوضح من الأولى عنداً. وأما القسم الآخر فعند وصوله إلى وفي انعكاسه عن ت يعود أيضاً إلى القصة.



الشكل ١٥٠

ثم ينعكس جانب منه إلى العين فيرى صورة ثالثة. وأما الجانب الآخر فيعود إلى القصديرت وينعكس بعضها عن العين فيرى صورة رابعة. وهلم جرا بزيادة عدد الصور بقدر ما ينفرد نظر الناظر إلى المرآة وتكون الأولى خفية جداً والثانية واضحة والبواقي تتناقص ضوفاً بالتدريج (٢٦٢) صورة الأشباح في الماء ظهورها تقدم أن الزجاج واد كان شفافاً يعكس بعض الأشعة فيحدث صورة خفية. ومثله الماء وجميع الأجسام الشفافة فتظهر فيها صوراً لأشباح موافقة أجزاءها الأجزاء أشباحها ولكنها تكون مقلوبة. فإذا وقف شخص مقابل بركة ماء بجانبها بيت ورأى صورة البيت في الماء وجدها مطابقة للبيت يكون جدرانها توافق جدران الخ. ولكنه يراها مقلوبة أسفلها إلى فوق وأعلىها إلى تحت. ويظهر ذلك أيضاً بوضع المرآة وضواً أفقياً واستقبال الصور بحيث تنعكس عنها إلى العين. إذا وقع ضوء الشمس أو نور القمر على الماء رأينا

(١) إذا اردنا أن نرى سبك زجاج المرآة وضعا عليه رأينا إذا ظهرت صورة الريال الواضحة بعيدة عن سطحها

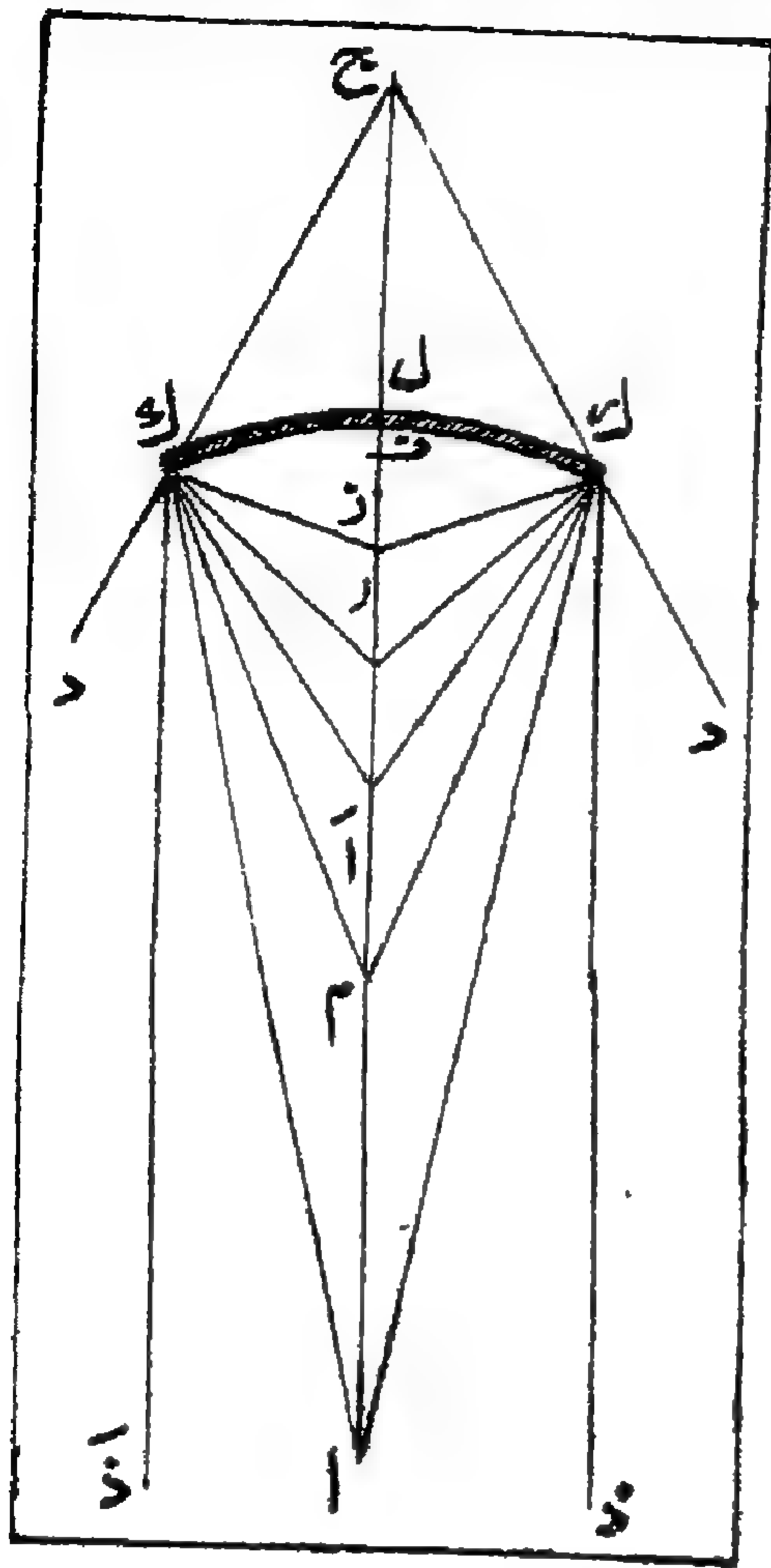
زجاجها. لأن هذا الصورة تنعكس عن القصدير المظلي به قفا المرآة. وإذا اردنا أن نرى سبك الزجاج تبدل فينصف البعد بين صورة الريال الواضحة وبينه لأن الصورة تظهر وراء القصدير بقدر بعد الريال عنه.

ليكن ب ي ج (الشكل ١٥١) صورة مرآة مقعرة فالخطى د س يسمى محورها الرئيسي والخط س محورها الثانوي وس مركز التقعير وبؤرتها الرئيسة. فاذا وقعت على هذه المرآة اشعة متوازية كالشعاع ز انعكست الى بؤرة الرئيسة. لان زاوية الوقوع س ز تعدل زاوية الانعكاس س ا ف. وهكذا تنعكس كل شعاع توازي الشعاع ز او تقع بين س وى عند ف. ويبرهن هندسيا ان بعد ف عن س مركز المرآة يساوي نصف عن س الى سطح المرآة. ولو وضعنا ضوءا في ف لانعكست اشعته عن المرآة في خطوط متوازية مثل م ر واز. فاذا صنعت مرآة مقعرة كبيرة الحجم قليلة التقعير لكي يكون مركزها بعيدا ووضعت مقابل الشمس جمعت اشعة كثيرة الى بؤرتها الرئيسة. واذا وضعت اجسام بؤرتها هذه فان كانت خشبا احرقته او معدنا ذوبته وربما صهرت بعض الصخور. روى ان الفيلسوف ارخميدس صنع مرآة مقعرة ووجهها نحو مراكب مرشلس وهو يجارب سرقوس حتى وقعت بؤرتها عليها فاحرقها. وقد تجمع عددة منها معا بحيث تجتمع بؤرتها في بؤرة واحدة فتصهر اقوى المعادن احتمل الحرارة كالپلاتين صهرا شديدا سريريا.

(٢٦٥) البؤرة الاضافية او المنضمة. البؤرة الرئيسة هي ملق الاشعة المتوازية بعد انعكاسها عن مرآة مقعرة. وتكون تلك الاشعة متوازية اذا انت من جسم لانهائية البعد او بعيد جدا كالشمس. فاذا وقعت على مرآة مقعرة من جسم قريب البعد عن المرآة من المركز فلا تكون متوازية بل تلتقي في بؤرة يتغير موقعها بحسب تغير موقع الجسم مقابل المرآة. وهذه البؤرة تسمى الاضافية لانها تكون بالاضافة الى النسبة الى موقع الجسم. واذا كانت اقرب الى المرآة من البؤرة الرئيسة انعكست منفرجة.

اذا كان موقع الجسم المنير عند (الشكل ١٥٢) اى بعد من م مركز المرآة لك فبؤرة اشعه هي ا بين المركز والمرآة. واذا كان عند م اى في المركز بنفسه فبؤرة اشعه هي م ايضا اى المركز وان كان اقرب الى المرآة من مركزها فبؤرة اشعه وراء المركز ولا تزال بؤرة اشعه تبعد عن المركز كلما قرب من المرآة حتى اذا باعدت في البؤرة الرئيسة وانعكست

اشعه في خطوط متوازية ك ذ وك ز كما مر ولم تلتق في بؤرة . واذ اقرب الى المرآة اكثر من البؤرة
الرئيسية انعكست اشعه منفرجة وابتعد بعضها عن بعض كلما بعدت عن المرآة فلا تلتقى



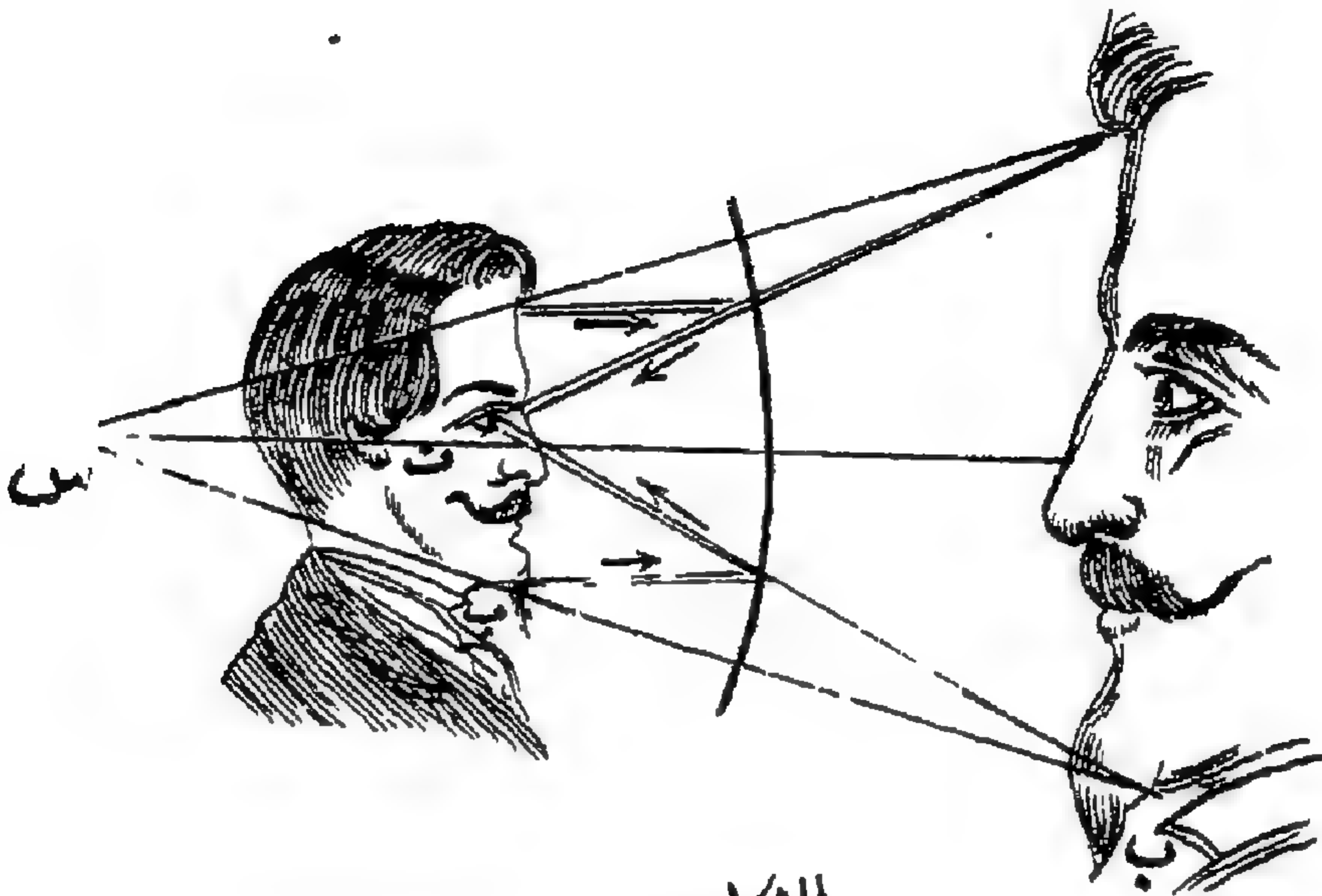
الشكل ١٥٢

التيه كما لو وضع الشجر عند ز فاشعه تنعكس في جهة الخطين المنفرجين ك ذ وك ز الى
مالنهاية له .

(٢٦٤) الصور بالمرآة المقعرة بدعق مرآة مقعرة بجائط وقف قبالتها بين
وبين بؤرتيها الرئيسة فترى صورتك مقوّمة ومكبرة وراءها .

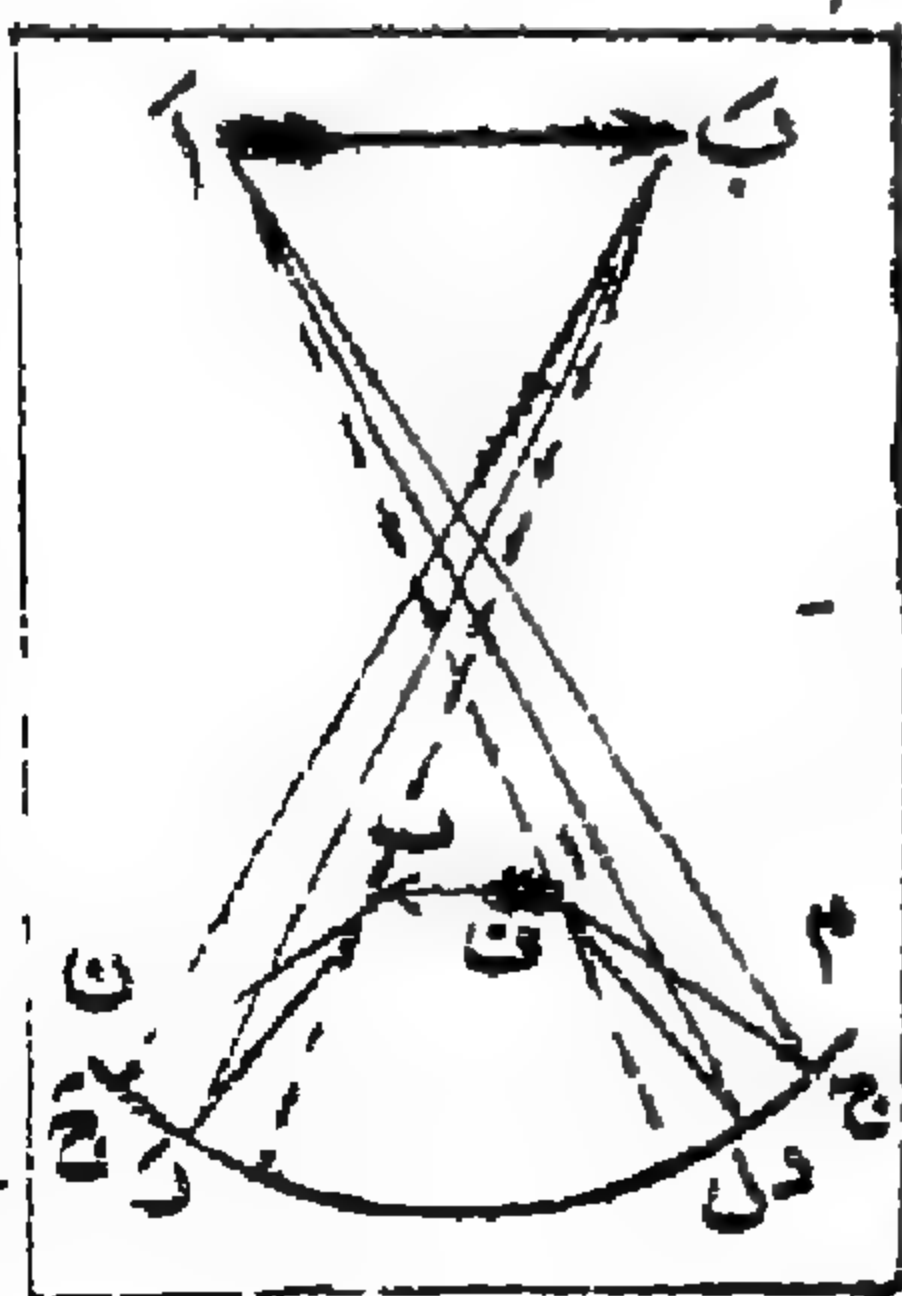
وذلك لان الاشعه التي تخرج مثلاً من جفتك (الشكل ١٥٣) تقع على المرآة و
تنعكس عنها منفرجة كما تقدم فتراها العين اتيته من ا في الصورة وكذلك ترى
اشعه الذقن اتيته من ب . فتكون زاوية النظر المتكونة عند العين اكبر من زاوية اس ب

ولذلك تظهر صورتك مكبرة عد ٢٢٨، ثم ابعد عن المرأة رويدا فلا تنال صورتك ثمعاظم ولكن هذا ودها تريد خفاء حتى تصل انت الى البؤرة الرئيسية فتختفي صورتك سرعيا. ومتى تجاوزت البؤرة الرئيسية وصرت بينها وبين مركز تقوير المرأة كما في السهم ا ب الشكل ١٥٢، ترس صورتك مكبرة خلفك ومقلوبة مثل آ ب. الا ان قليلا من الاشعة المتوازية يدخل عينك لو وضعت



الشكل ١٥٣

موضع السهم وبذلك ترى صورتك غير واضحة. ومتى صرت في مركز التقوير فلا ترى الا عينك لان صورتك تكون حيث انت واقفة فتطبق عليك مقلوبة. ومتى تجاوزت مركز التقوير وصرت مكان آ ب رايت صورتك مقلوبة صغيرة عند ا ب امام المرأة.



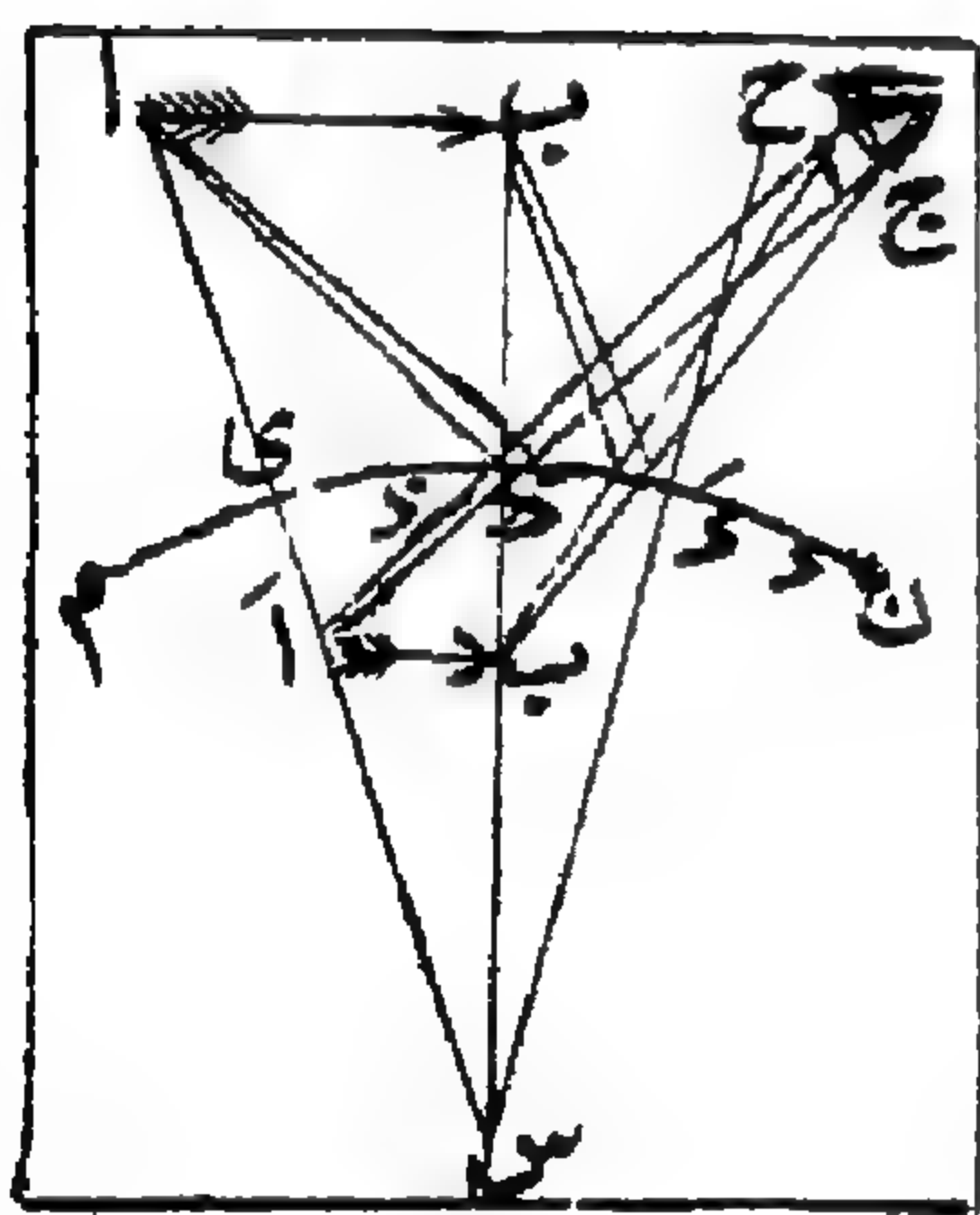
الشكل ١٥٢

اما سبب انقلابها فهو تقاطع الاشعة الآتية من الطرفين الى المرأة فينزل الاعلى بذلك الى الاسفل والاسفل الى الاعلى. واما سبب صغرها فهو صغر زاوية النظر. ويجيب مكان ا ب ومكان آ ب بؤرتين اضافيتين لان كل واحدة منهما بؤرة للآخرى. ويتضح كل ما تقدم من تتبع اشعاع المنعكسة عن المرأة ومراعاة نسبتها الى محور المرأة.

(٢٠٤) البؤرة الوهمية والحقيقية: يظهر ما تقدم ان صور الاشياء تارة تظهر خلف المرأة القعرة وتارة امامها. فاذا ظهرت خلفها فذلك لان الاشعة تنعكس عن

إلى العين ولا تقذف المرآة فلا تلتقي في بؤرة حقيقية وراءها. إلا أن الناضية هم أن الأشعة
تلتقي في بؤرة خلف المرآة ولذلك تسمى النقطة التي يتوهم التقاء الأشعة فيها البؤرة
الوهمية. وإذا ظهرت الصور أمام المرآة فذلك لأن الأشعة انعكست عنها وانفقت
في نقطة حقيقية أمامها ولذلك تسمى هذه النقطة البؤرة الحقيقية وتسمى الصورة
التي عندها الصورة الحقيقية (عد ٢٦٣).

(٢٦٨) المرآة المحدبة. هذه عكس المقعرة فنفرق الأشعة المنعكسة
عنها فنظهر الصورة خلفها واصغر من الشيء.



الشكل ١٥٥

ليكن م ن د الشكل ١٥٥ مرآة محدبة و أ ب
شيء أمامها والعين عند ح حيث تستقبل الأشعة
المنعكسة عن المرآة. فالشعاعتان أ د إذا الواقعتان
من طرف السهم على المرآة تنعكسان عنها
إلى العين في جهة د ج وذخ فتعسان آيتيين من
أخلف المرآة. والشعاعتان ب د ذ الواقعتان
من رأس السهم على المرآة تنعكسان عنها إلى العين

في جهة د ج وذخ فتعسان آيتيين من ب خلف المرآة. وتظهر صورة السهم أ ب مثل آ
خلف المرآة واصغر منه. ويتضح لك نفس ما تقدم

من الشكل ١٥٣ إذا عكست فحسبت

المرآة محدبة والشيء الوجه الكبير

والصورة الوجه الصغير ولا تكون

بؤرة المرآة المحدبة

الآوهسية

و

و

الفصل الثالث

في انكسار النور

(٢٤٩) انكسار النور: يراد بانكسار النور انخرافه عن جهته مسيره
اذا جاز من وسط شفاف الى آخر اكثف او الطيف منه. فان اشعة النور
اذا انقضت الهواء وقعت على الماء مثلاً فبعضها ينعكس لينافري به
الماء والبعض الآخر ينقلد الماء فينكسر فيأى ينحرف عن مسيره وفيه
كلامنا الآن. وهذه بعض الامثلة عليه زيادة لا ينصاح.

(٢٥٠) امثلة انكسار النور: اذا وضعت ملعقة



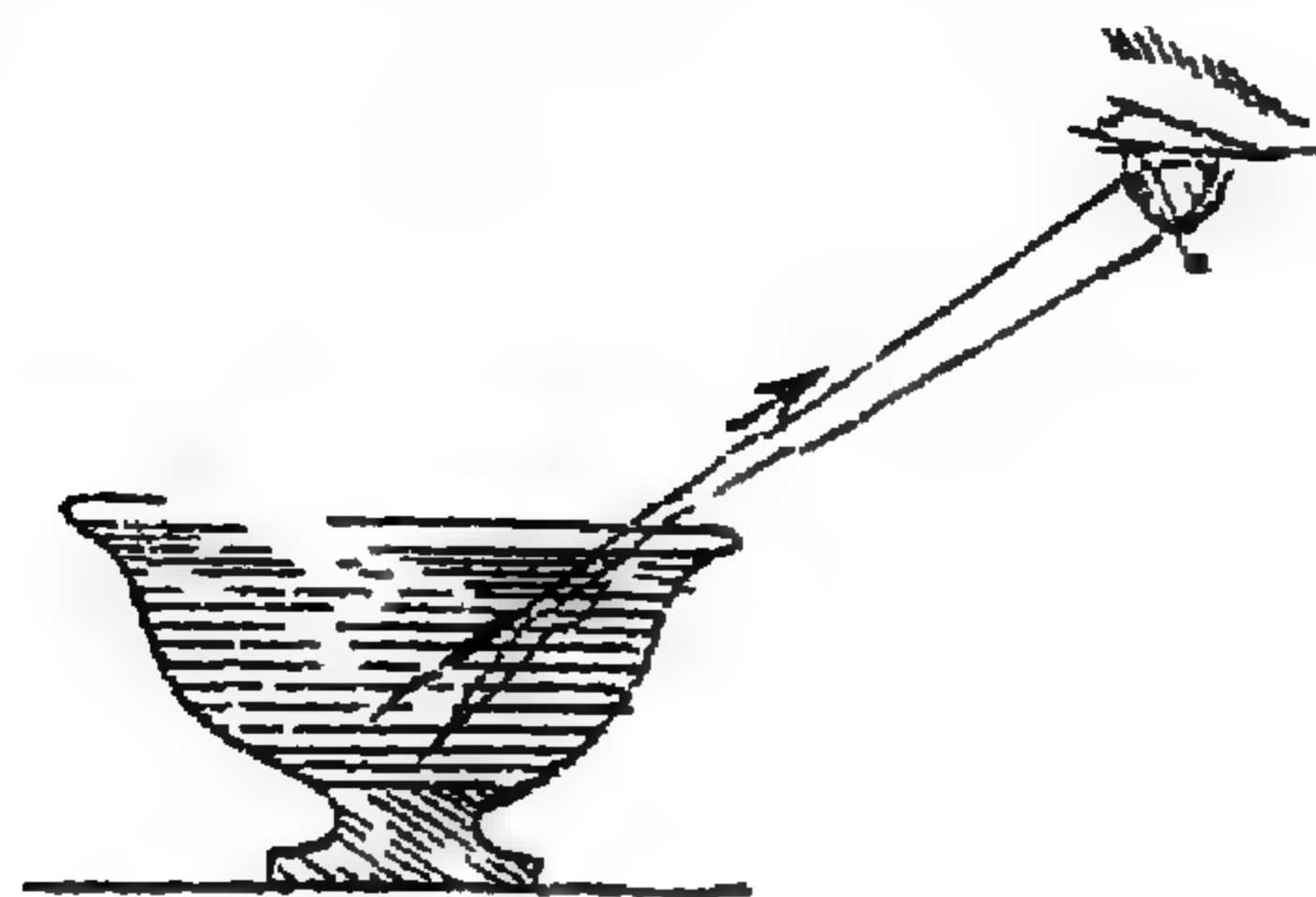
الشكل ١٥٤

في كأس ماء رأيناها معوّجة الشكل ١٥٤ وهي لو نزل
مستقيمة كما كانت. واذا نظرنا الى الجذات في الماء
رأيناها كأنه قد انكسر حيث يحيط به سطح الماء والسماك
يظهر للناظر اقرب الى سطح الماء مما هو ولذلك ترى
الذين يصطادونه بالحرايب يضربونه بها عمودية والا
يعمقوا الضربة اكثر مما يقتضى ثميقها بالنظار: والماء يكون
دائماً اعنى ما يظهر فاذا نظرت الى قعره او ملأته
ماءً رأيت قعره اقرب مما هو حقيقة. واذا وضعت
درهماً في كأس وابعدت عنه قليلاً حتى لا تعود

ثم صببت ماءً في الكأس ظهر لك الدرهم وانت في مكانك كما ترى في الشكل ١٥٥

فهذه كلها أسبابها انكسار أشعة النور.

وهذا الانكسار يمكن ان يشاهد اذا ملء وعاء من الزجاج ماء ثم اغلقت كل الأبواب والتواقد ليظهر المحل الذي يدخل فيه وإذا دخلت الأشعة من ثقب في الوعاء فتمتقي تغد من الماء



الشكل ١٥

تظهر أيضاً قد انخرقت عن مسيرها إلى جهة أخرى. ويستعان لايضاح ذلك بزيادة بآب
يشتر غبار دقيق في الهواء فيظهر الشعاع منكراً انكساراً واضحاً.

ولايضاح الانكسار في الأمثلة المقدمة ليكون في الشكل ١٥ اجسام تحت الماء كالدينار
او اسماك او اقنود واشبه رلتكن عين الناظر عند د. فعند ما يقع ضوء الشمس على وجه
الماء فيقذفه بعض كما تقدم ويصيب ل ثم يعكس عن ل إلى كل الجهات ومتى وصل إلى الـ



الشكل ١٥

إلى سطح الماء لا يبقى سائراً على استقامته بل ينكسر ويسير في جهة
أخرى وبما ان التناظر لا يربى الأجسام إلا في جهة
الشعاع الأخيرة (عد ٢٥) يرى ل على استقامة أداى عند
ل فيظهر ان ل قد ارتفع إلى ل. ولذلك يظهر السمك وقنود

الآنية اقرب مما هي ويظهر الجذات معوجاً لان ما يكون منه

تحت الماء يعاين بالانكسار وما فوق الماء يبقى مكانه فكانه قد انكسر فاعوجج فهمما من نتخلص
ناموسين للانكسار.

٢٤١، ناموس الانكسار الاول. اذا جازت شعاع النور من وسط

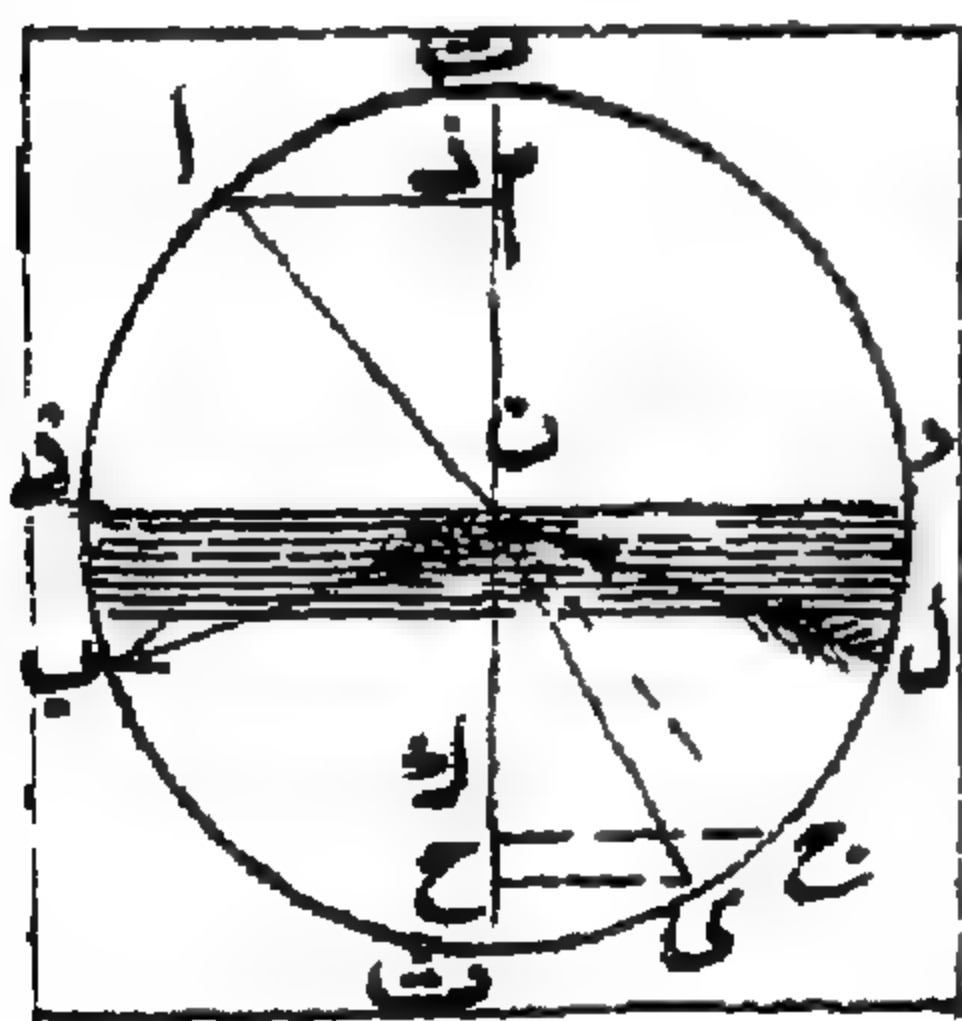
الكثف إلى وسط الطيف انكسرت عن الخط العمودي المرسوم على هذا

الوسط عند التقاء الشعاعين بسطحه. والثاني اذا سارت الشعاعية

من وسط الطيف إلى وسط الكثف انكسرت نحو الخط العمودي المذكور.

ويتضم هذا الناموسان من تتبع اشعة النور في دخولها الزجاج وخروجها كما ترى .

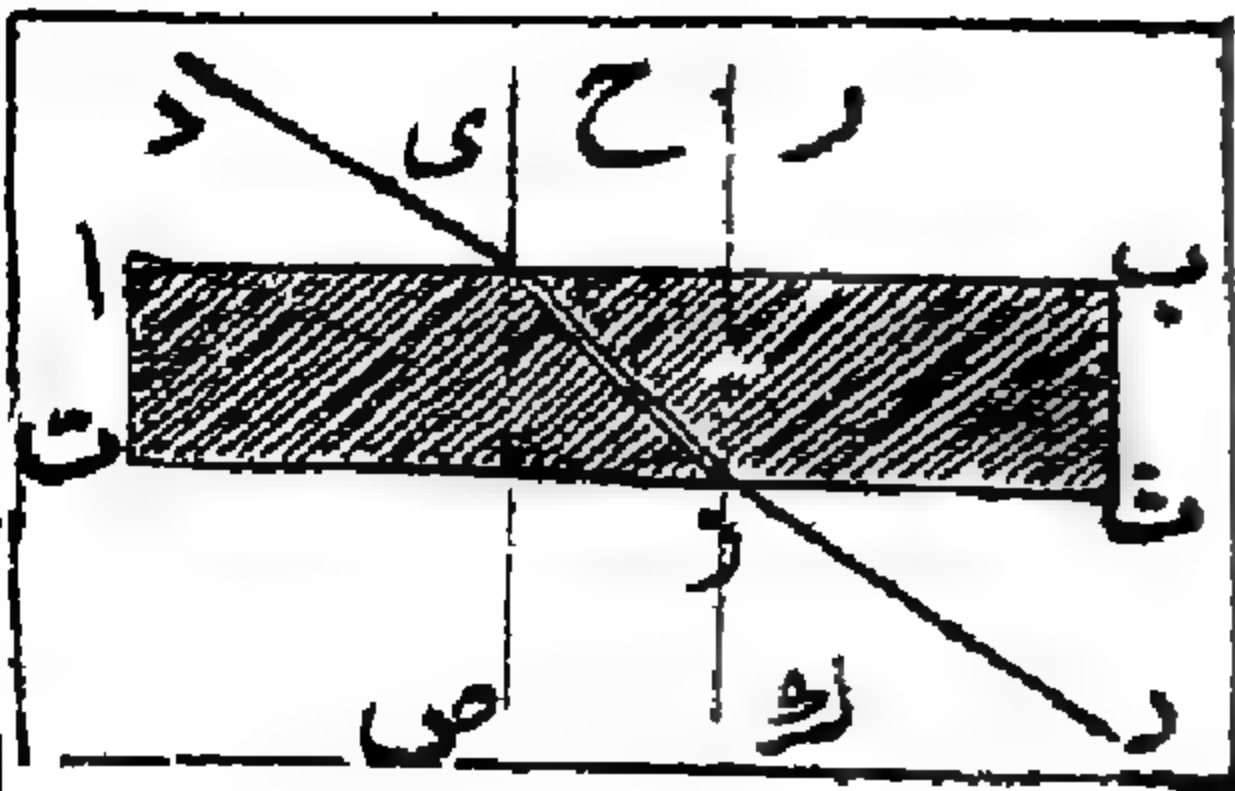
(٢، ٢) الانكسار الكلي. إذا نظرنا إلى بركة ماء نظراً من فوقنا كما لو قربنا وجوهنا حتى تكاد تس الأرض فلا نرى قعر البركة وجوانبها لأن أشعة نور الشمس التي تصيب قعرها وجوانبها تنعكس عنها لا تخرج المنعكسة كلها إلى ما فوق الماء منكسرة في الهواء بل تنعكس بعضها عن وجوههم راجعة إلى القعر والجوانب بانعكاسها عن الوجه بموجب ناموس الانعكاس وهو أن زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس متساويتان. وذلك يحصل متى كانت أشعة الخارجة منها وبين العمودي النازل من وجه الماء عند ملتقاها به زاوية اعظم من $\frac{\pi}{4}$ ونحن لا نتيقن أن نرى القعر والجوانب إلا بالشعاع الخارجة منها فلذلك تختفي إذا قربنا النظر إلى وجه الماء وإذا وضعنا ماءً في كأس من الزجاج ونظرنا إليه من أسفل الكأس رأينا سطحه لامعاً كالفضة. وما ذلك إلا لأن الأشعة التي تنعكس عن قعر الكأس تقع على وجه الماء ثم تنعكس عنه وترجع إلى القعر قربنا سطح الماء لامعاً.



وتيفهم ذلك من الشكل ٥٩ افاذا فرض ذن وسط
الماء فالشعاع لن مع فرض زاوية لن ت فوق $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$
لا تنفذ الماء بعد ما تصيب سطحه عند ان ينعكس عنه
الى ب في جهة السهم ن ب. وتسمى زاوية $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ زاوية
الانكسار الكلي لان انكسار اشعة القعر والجوانب كل ضمن
هذي الزاوية والشعاع لن قد فرضت خارجة عنها .

(٢٤٣) انكسار النور في الزجاج : يقسم الزجاج باعتبار اشكال وانكساره فيها الى قسمين ما تحيطه سطوح مستوية وما تحيطه سطوح منحنية. فالاول له اشكال شتى كالمتوازي السطوح والمضاعف السطوح والمنشور المثلث

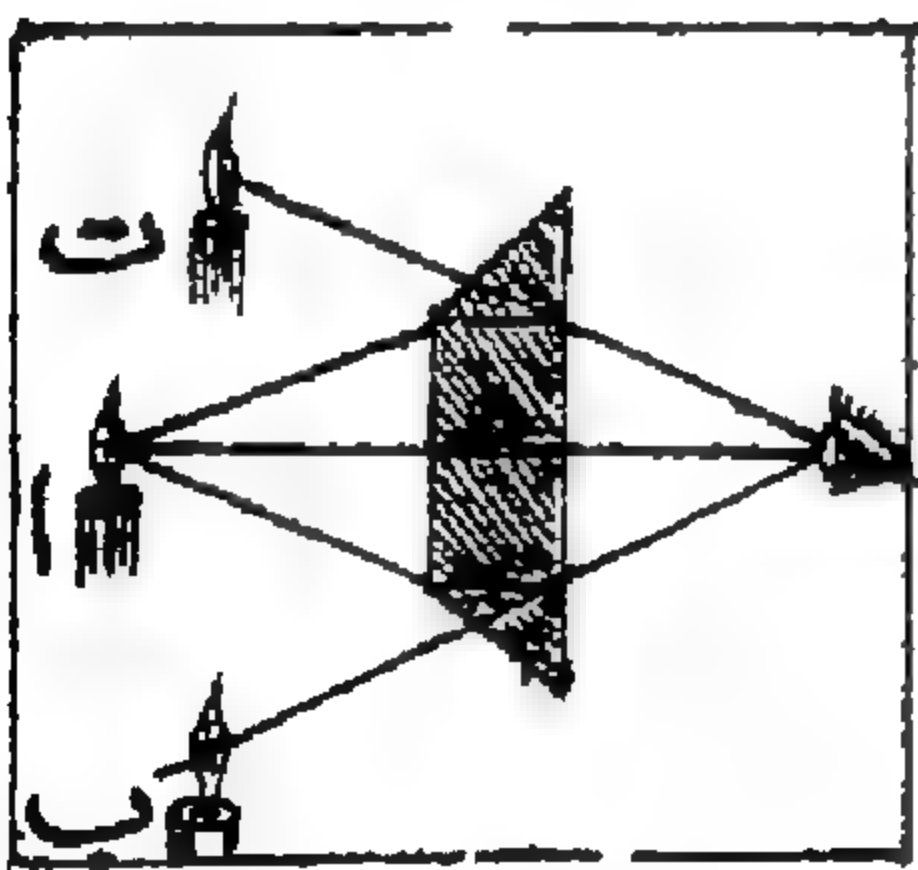
والثاني له سنة اشكال يقال لها عديسات
وسياقي الكلام عليها.



الشكل ١٤٠

اما الموازي السطح فهو ما تحته سطح مستوية
متوازية كجرح الزجاج فيكسر النور فيه على ما يأتي: يمكن
ا ب ت ث (الشكل ١٤٠) لوح من الزجاج و ا ب

وت ث سطحين متقابلين من سطوحه ونفرض ان شعاعه وقعت من د على ح في السطح ا ب
ولنرسم خطاً عمودياً ح ص حتى يمر في النقطة ح التي تقع عليها الشعاع د ح. ففي نفوذ هذه
الشعاعه للوح الزجاج تكون قد مرت من وسط لطيف هو الهواء الى وسط كثيف هو الزجاج
فتكسره فيه عن استقامتها نحو الخط العمودي ح ص حسب الناموس الثاني (عدد ٢٤١)
وتذهب في جهة ح ص زارسم خطاً عمودياً على ز هوك ز رفعد نفوذ الشعاعه من السطح ث ت
الذي هو وسط كثيف الى الهواء الذي هو وسط الطيف منه تنكسر عن الخط العمودي حسب
الناموس الاول. واذا وقعت الشعاعه عموديه على اللوح نفذته ولم تنكسر لانها تسير في
جهة الخط العمودي. ولذلك لا يكون انكسار في الاشعة التي تقع عموديه على الوسط.



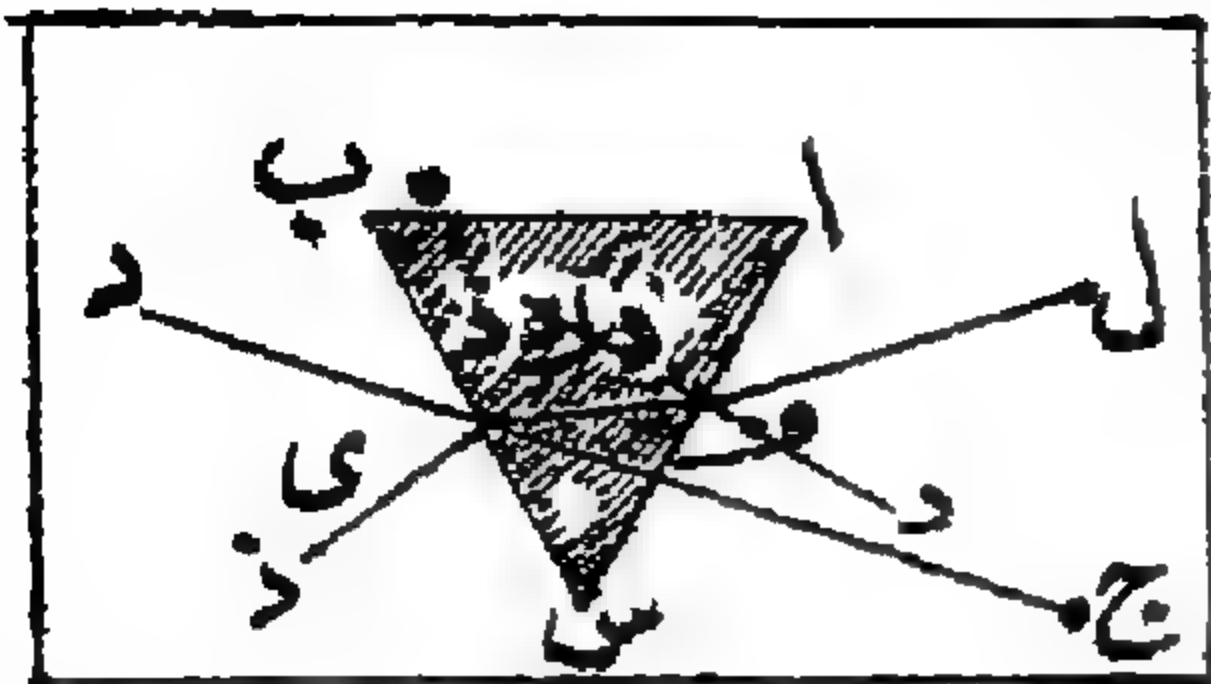
الشكل ١٤١

في الشكل ١٤١ ا فاذا وضع وراه مصباح ا فالا شعاعه التي تقع
عموديه عليه تنفذ فتراها العين بهامكانه واما الاشعة
التي تقع على سطوحه المائلة فتكسر نحو العمودي فتراه
العين في جهاتها الاخيرة. ولذلك ترى المصباح الواحد
مصباحين عديدين مثل ت د ا ب. ويزيد عدد المصباحين
بزيادة السطح كما يشاهد في بلورة من بلورات

(٢٤٢) المنشور وسير النور فيه المنشور والموشور في البصريات كل جسم
شفا ذى جانبين مستويين احدهما مثل على الآخر وقاعدتهما بينهما. وهو كثير الاستعمال
في البصريات وعلم الهيئة وعلى الخصوص لا نه يحمل النور الى الوانه التي يتكبد منها. اما

انكسار النور فيه مثل انكساره في لوح الزجاج اى انه ينكسر في دخوله اليه وخروجه منه ولكن الانكسار يكون به الى جهة واحدة في المائلين ولذلك يرى الاجسام في غير مكانها.

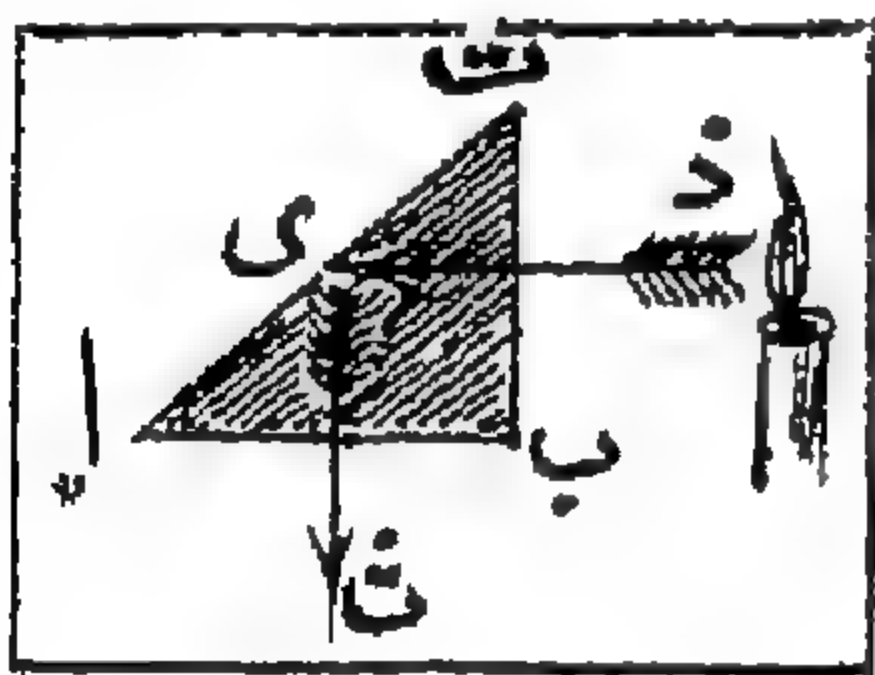
والضاحا لذلك ليكن اس ب (الشكل ١٦٢) قطع منشور قطوعا عموديا عرضيا ول



الشكل ١٦٢

مصباحا قد وقعت شعاعه على ف من الجانب اس. ويرسم ذن ك عموديا على ف فالشعاع تنكسر نحوه لان هذا الوسط اكثف من الهواء ولذلك تسير في الخط ف ي ل ا ف م ثم تخرج من ي الى الهواء

فتنكسر عن العمودى ذى ك لان الهواء الطيف من الزجاج حتى تصل الى العين عند د ف ترى العين المصباح في جهة الاشعة الواصلة اليها اى دى ج. فيكون المصباح قد انخفض من ل الى ج اى ان الاشعة تنعكس بالموشور انعكاسين الى جهة واحدة فيرى الجسم بها منفرقا دائما نحو حدة ر وهو الخط الذى يلتقى جانبا ك فيم ولذلك اذا قلبنا الموشور اس



الشكل ١٦٣

ب حتى تصير قاعدته ا ب الى الاسفل وحدة س الى الاعلى ترفع صورة المصباح لانها تنحرف نحو الحدة دائما.

و يستعمل المنشور ايضا لعكس النور عوضا عن المرايا

وذلك اذا كان قائم الزاوية متساوى الساقين كما ترى

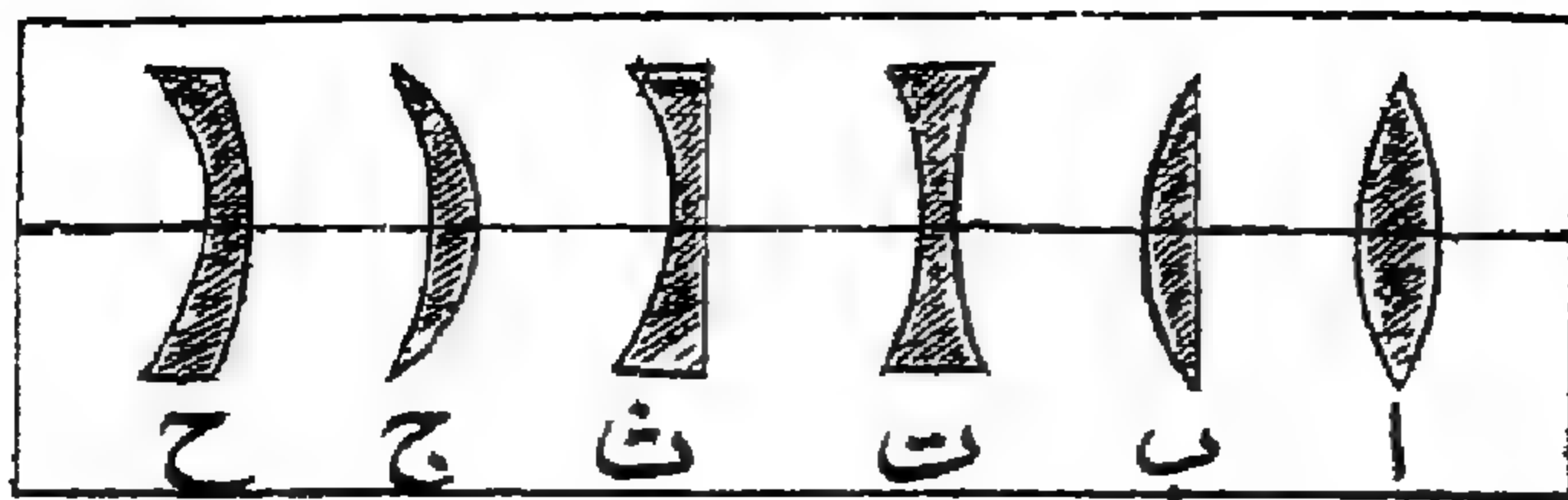
في الشكل ١٦٣ فالمصباح ذيقع عموديا على الجانب ب ت وينفذ حتى يصيب القاعدة ت اعندى ما تلا عليها فيعكس عنها الى ث فتراه العين من هناك.

٢٢٤٥ العدسيات :- العدسية في اصل الاصطلاح بلورة بشكل

العدسة ثم توسعوا فيها فاطلقوها على كل جسم شفاف له سطح واحد منحنى على الاقل. والعدسيات قسمان محدبة ومقعرة وكلها تندرج تحت ستة

اشكال مزدوجة التحديق (الشكل ١٦٣) ومفردة التحديق ب ومزدوجة التقعيرت مفردة التقعيرت هلايين ومقعرة محدبة ح. فالاولى والثانية والخامسة

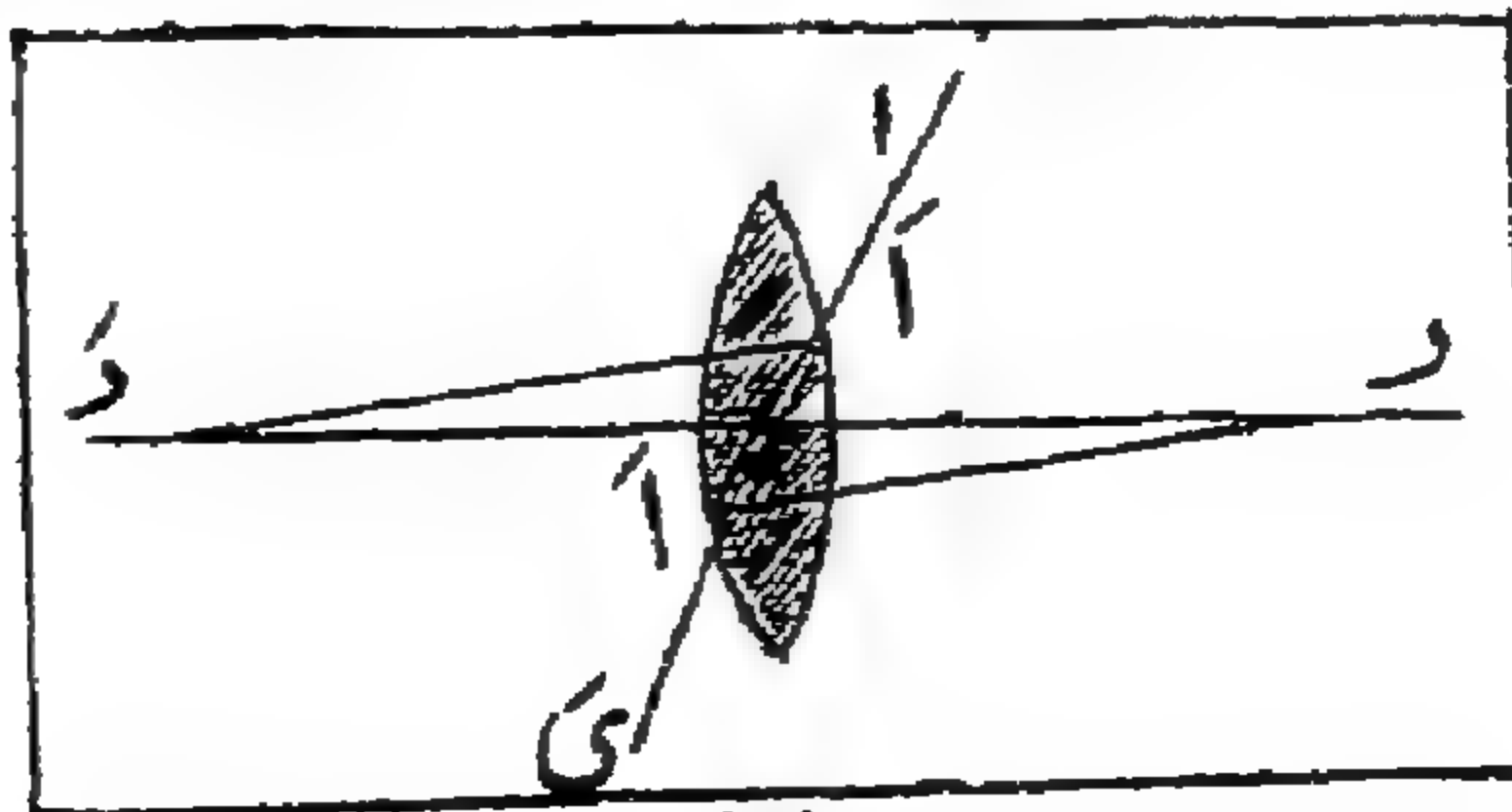
تضم اشعة النور والبواقي تفرجها. ويقتصر في التكلم عنها على المزدوجة المحدبة



الشكل ١٧٤

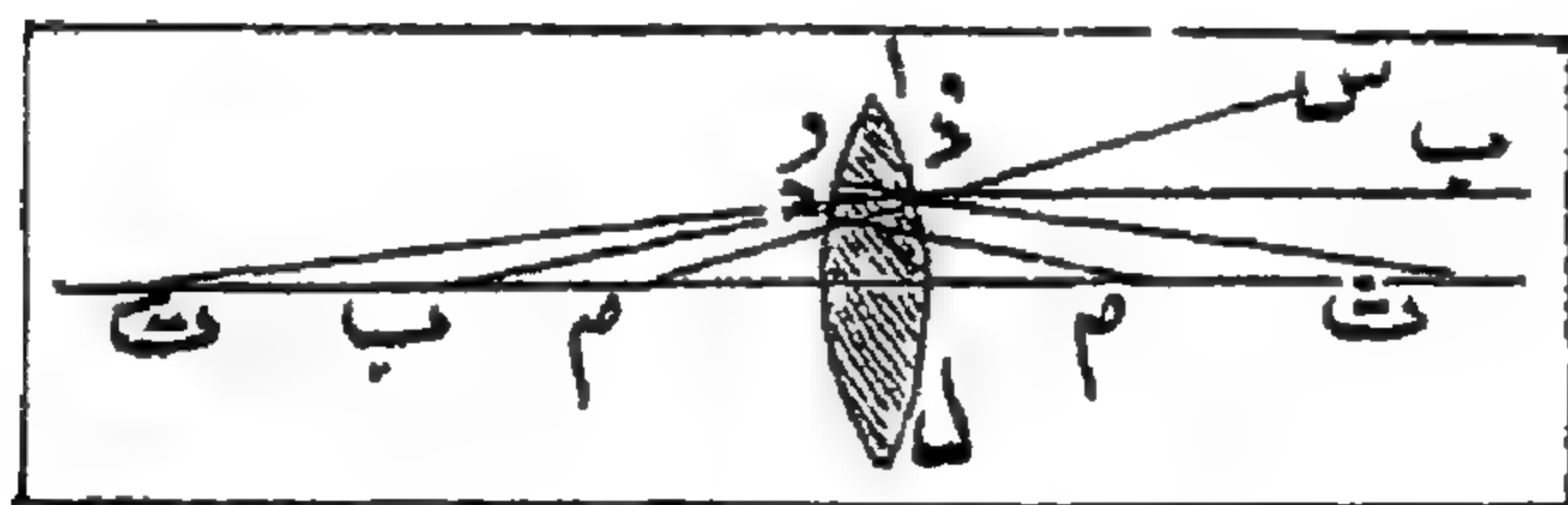
والمزدوجة الثعير. لان الأولى تنوب من الثانية والخامسة والثالثة
مناب الاثنين الباقيتين.

٢٢٤٧ المحور الرئيسي. قبل الكلام عن الانكسار في العدسيات نقول ان سطح
العدسية المزدوجة المتحد يبين قسمان من سطح كرتين يتقاطعان نقطة في السطح الواحد الوسطي
ونقطة الآخر الوسطي هما قطبا العدسية وضمت الخط المستقيم بين القطبين مركزها ويدل
على سطحها بقوسي السطح الذي يقطعها ماراً بالقطبين ومركزها انظر الشكل ١٧٥ فان جانب
العدسية اقسام من سطح كرة مركزها عند روجانها اقسام من سطح كرة اخرى مركزها عند
ر. ويسمى هذا ان المركزان مركز الثعير ويسمى الخط المستقيم ر. والموصل بينهما المحور الرئيسي
ولاشك ان وقوع النور عليها من الهواء يجري على ناموسي الانكسار عدد ٢٢٤١ وهما الشعنة
بدخولها فيها تميل نحو خط عمودي في نقطة الوقوع وبخروجها منها عن عمودي في نقطة
الخروج. فاذا وقعت الشعنة اعليها عند اتميل او تنكسر نحو العمودي اذ وبخروجها عند
نقطة اتميل عن خط عمودي يخرج على استقامة رأ. وهكذا في سائر العدسيات.
وقد حكمنا ان اعمودي على السطح والخط الخارج من ر. اعمودي على السطح لان كل نصف
قطر لاى كرة كانت عمودى على تغير سطحها او متحديبه وذلك لاشكال فيه عند من لم اطلع
على الهندسة.



الشكل ١٧٥

(٢٤٤) الانكسار بالعدسية مزدوجة التحديق. أولاً. اذا وقعت اشعة النور على عدسية مزدوجة التحديق وكانت موازية لمحور العدسية الرئيسي نفذتها وانصرفت الى بؤرتيها الرئيسيتين وبالعكس اذا وضع ضوء في البؤرة الرئيسة لعدسية مزدوجة التحديق فاشعته تخرج منها موازية لمحورها الرئيسي. يمكن ان يشكل (١٧٦) عدسية مزدوجة التحديق وتقع الاشعة عليها موازية لمحورها الرئيسي ت ك ت ك كالشعاع ب د فهذا لا تنكسر في نفوذها لها بحيث تخرج في جهة د ب وتلاقى المحاور عند البؤرة الرئيسة ب وهكذا يقال في كل الاشعة التي تقع على العدسية ال موازية لمحورها ب ت. وواضح ايضا انه اذا وضع ضوء في البؤرة الرئيسة ب فاشعته كالشعاع ب د تنكسر



الشكل ١٧٩

بالعدسية الى حتى تخرج منها في جهة ذب أعني انها تخرج موازية لمحورها الرئيسي .
ثانياً . اذا وقعت اشعة النور على عدسية مزدوجة التحديق خارجة
من نقطة البعد من البؤرة الرئيسة عنها تنكسر بالعدسية وتخرج منها منضمة
نحو نقطة تسمى البؤرة المنضمة وهذه البؤرة تتبععد عن العدسية كلما قرب
الجسم المئير من البؤرة الرئيسة .

ليكن الجسم المنير عندات (الشكل ١٧٦) فالاشعة التي تقع منه على العدسية الكاشعانة
ت وتكسرفيها وتخرج منها في جهة ذات قلاقي المحور الرئيسي في البؤرة المنصمة ت. وهكذا
يقال في كل شععة تخرج من ت على جانبي المحور الرئيسي ت وتنفذ العدسية وانها كلها
تنضم وتلتقي في ت.

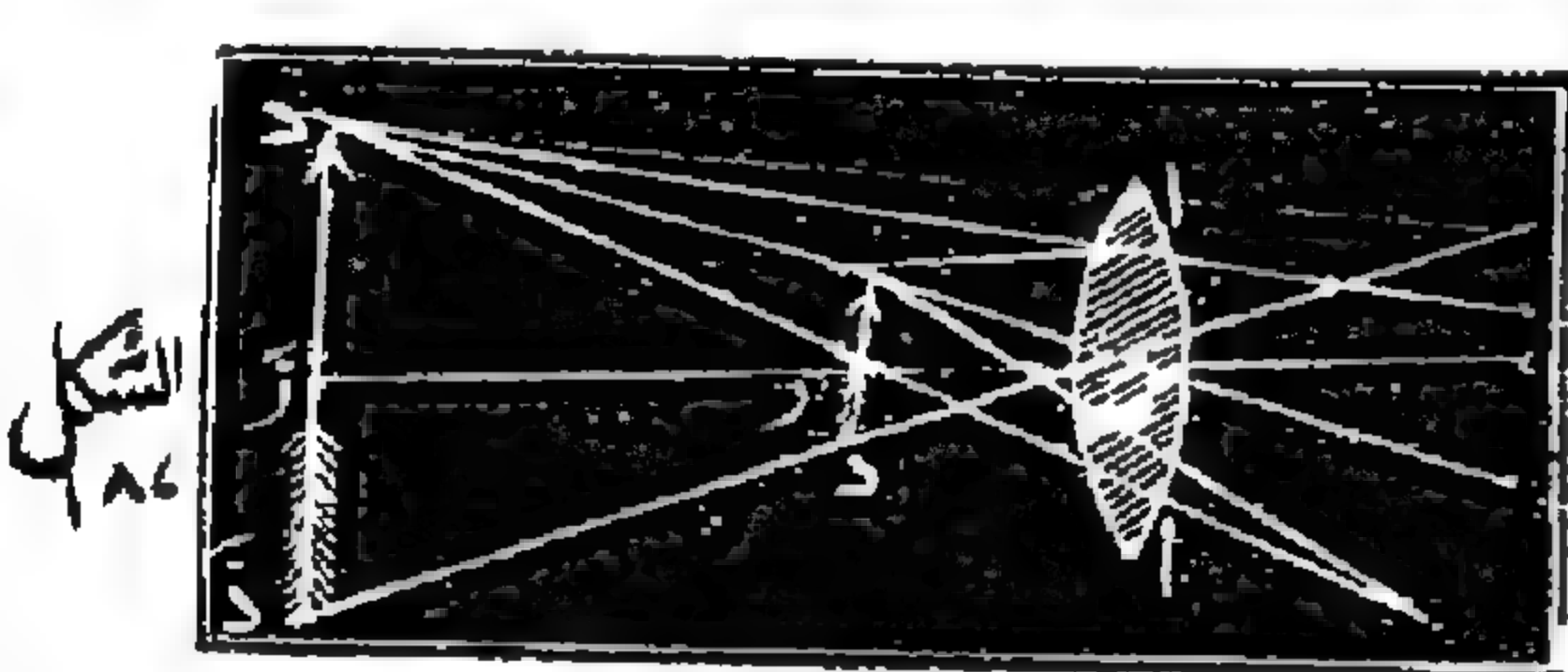
ثالثاً. اذا وقعت اشعة النور على عدسية مزدوجة التحدب بخارجة
من نقطتين بين البؤرة الرئيسة وبين العدسية فقد تم انقراجاً وكونت

بؤرة وهمية على الجانب الذي يكون الجسم للغير عليه

ليكن الجسم الغير عند م الشكل ١٦٦ فالاشعة التي تقع منه على العدسية م كالشعاع م د تسكرفيه فتنفذه منفرجة كما ترى في ذس وهكذا يقال في جميع الاشعة الخارجة من م على جانبي المحورت ت . فلما خرجت الشعاع ذس من ذراجعة استقامتها وكذلك بقية الاشعة التي مثلها انثقت كلها في بؤرة وهمية وداعم .

ويتضح كل ما تقدم عن الانكسار بهذه العدسية من رسم خط عمودي على ملتقى كل شعاع وسط العدسية من مركز ذلك السطح . ثم ان كانت الشعاع داخلة الى العدسية كسرت نحو الخط العمودي وكانت خارجة منها كسرت عنه فتبتع الخطوط المرسومة في الشكل يظهر ما تقدم جليا . وفهمه ضروري لمعرفة تكون الصور بالعدسية المحدبة .

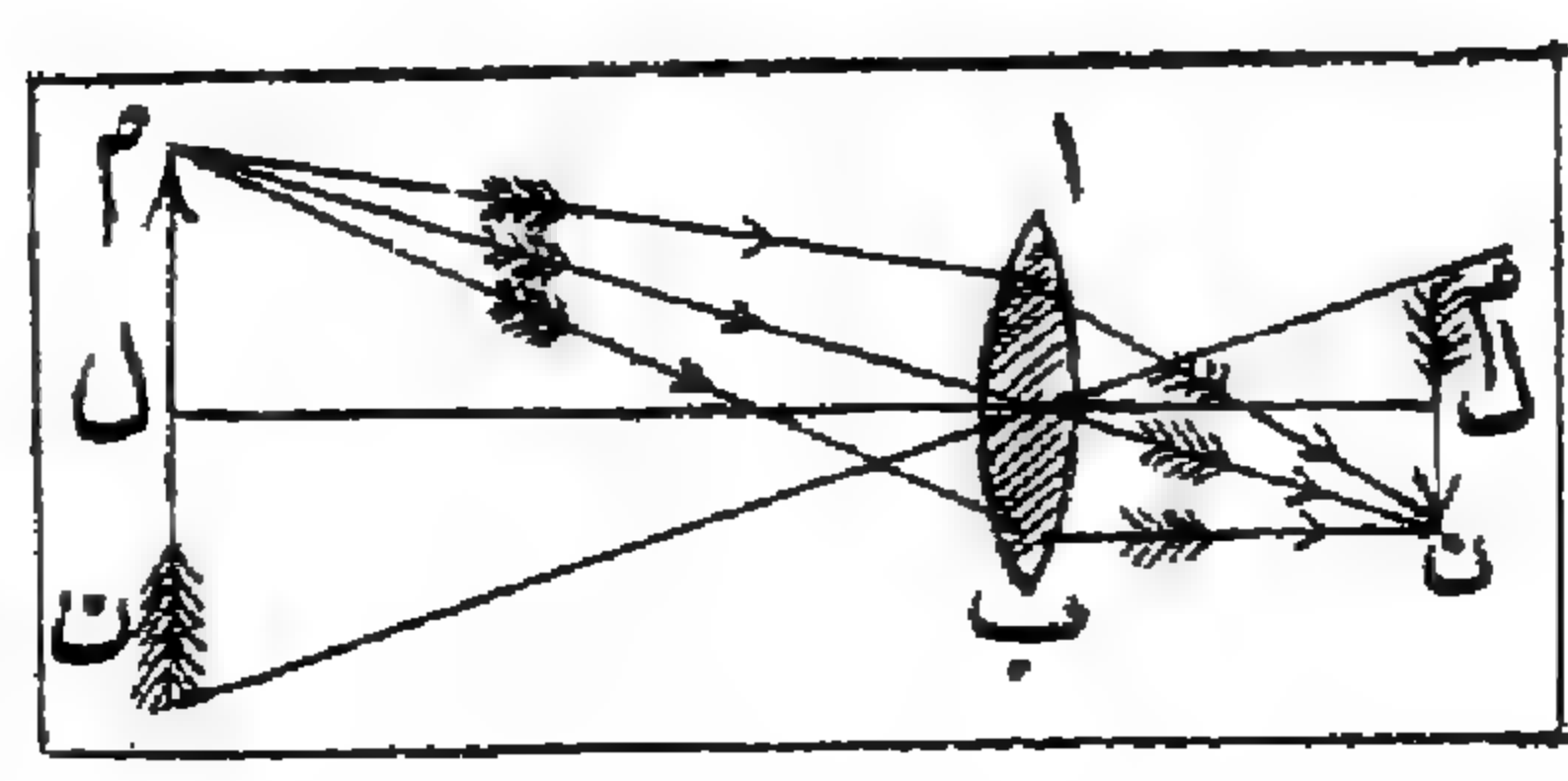
(٢٤٨) الصور بالعدسية المزدوجة التحديق اذا وضع شجرة امام عدسية مزدوجة التحديق صورت له صورة تختلف في حجمها وكيفية وضعها باختلاف وضع امام العدسية كما في الصورة المقعرة فاذا كان الشجر اقرب من البؤرة الرئيسة الى العدسية بقبت صورته مقعرة وكبحجمها



الشكل ١٦٦

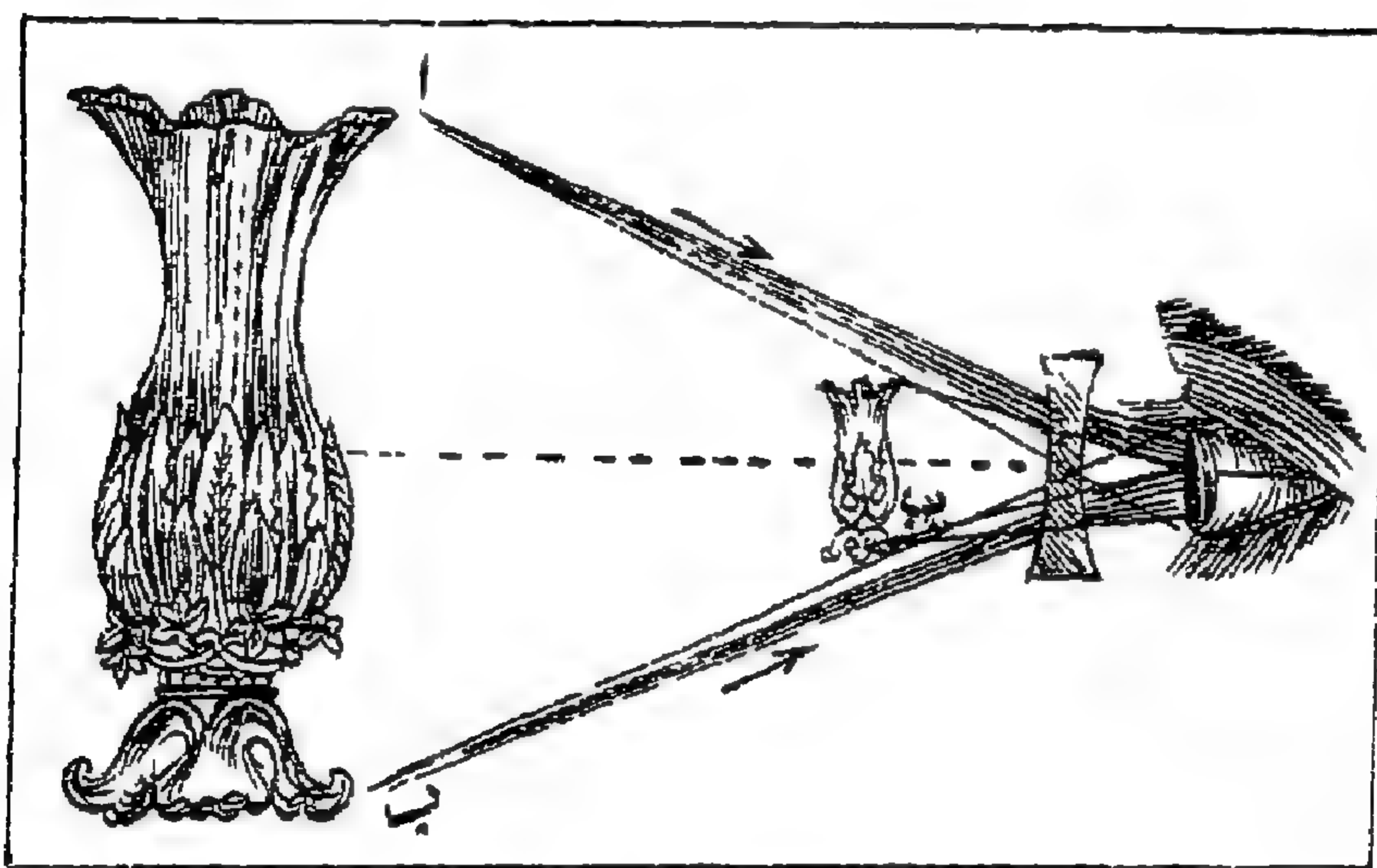
لان اشعة تنفرج بعد نفوذها ليكن (الشكل ١٦٤) العدسية ود ذ شجر امامها فالاشعة الواقعة عليها من ذ تنفرج بالانكسار نحو المحور الرئيسي دل وكذلك الاشعة الواقعة عليها من ذ . وهذا الاشعة لو اخرجت على استقامتها بعد انكسارها لظهرت لاثية من داثية من د والاثية من داثية من ذ فنظهر صورة الشجر كصورة مثل ذ د وهي صورة وهمية لاحقيقية .

واذا كان الشجر البعد من البؤرة الرئيسة عن العدسية ظهرت صورته مقعرة وصغيرة الجسم ليكن م ن الشكل ١٦٨ شجرا ابعد عن العدسية اب من بؤرتها الرئيسة فالاشعة التي تأتي من رأسه م تجتمع عند ن بعد نفوذها العدسية . والتي تأتي من ن عند م . واما التي تأتي من ل تقع عند د



الشكل ١٦٨

اب الشكل ١٤٠ بعد سنية مقعرة رأيتها مقومة صغيرة مثل أب. اي ان هذه العدسية تعمل بالانكسار على المراة المحدبة بالانعكاس. اما سبب صغر الصورة عن الشيء فهو ان زاوية النظر تصغر بعد انكسار الاشعة وانفراجها. واما سبب بقائها على وضعها المقوم فهو ان الاشعة تنفذ العدسية ولا تنقلب فلا تنقلب. وكل ذلك يتضح بامعان النظر في الشكل.



الشكل ١٤٠

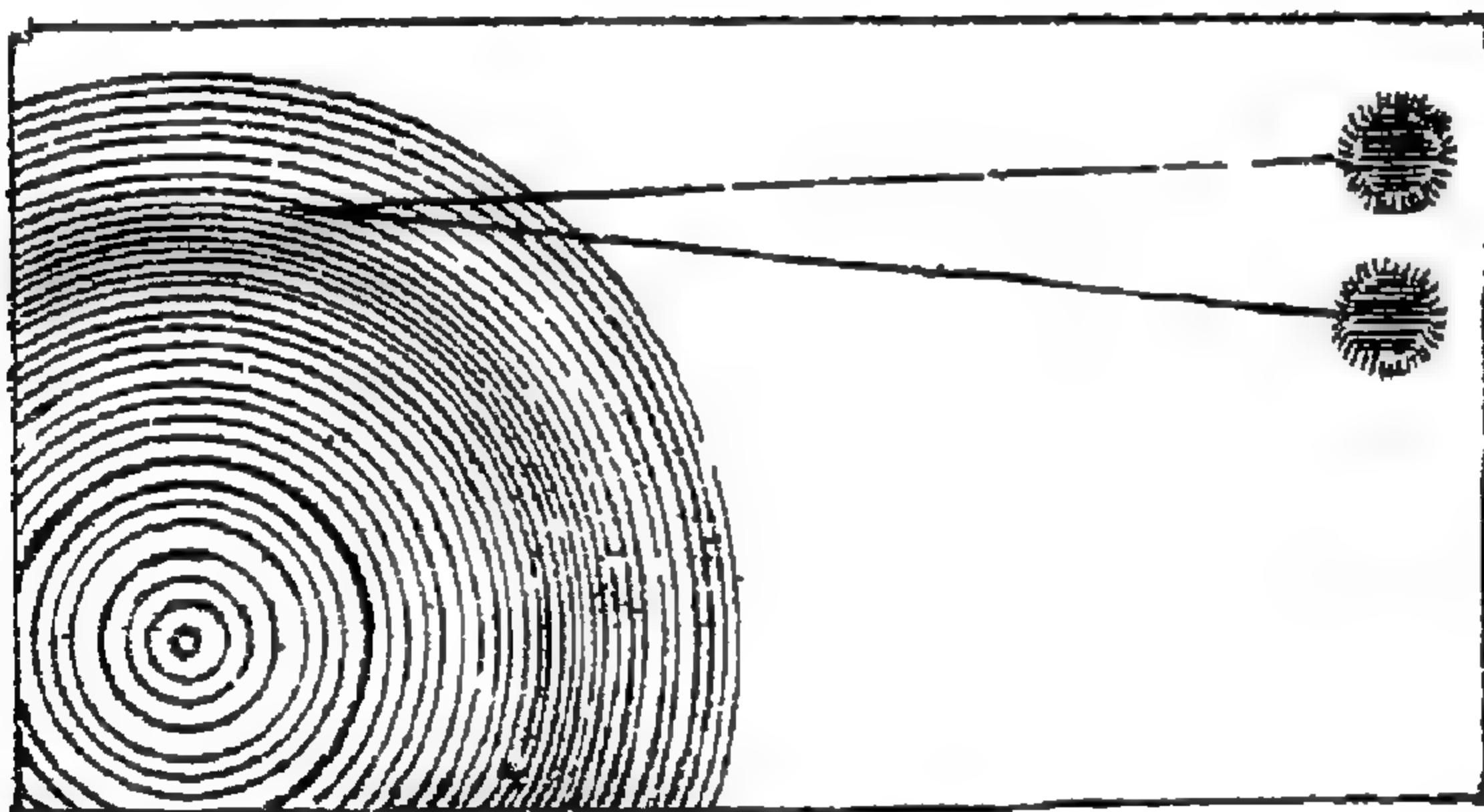
د ١٢٨١ منافع العدسيات . ولا انكسار الحرارة. فاذا وقعت اشعة الشمس على

عدسية محدبة له يجمع نورها فقط في بؤرتها الرئيسية بل حرارتها ايضا ولذا لك اذا وضعت خشبة او جوخا اسودا وما اشبه من المواد القابلة للاحتراق في تلك البؤرة احترقت. واذا كانت العدسية كبيرة فربما صهرت المعادن ايضا. وكثيرا ما يتأذى عن العدسية ضرر بغير قصد كان يكون في بيت زجاجة مستديرة مملوءة ماء فتقع اشعة الشمس عليها وتجمع كما تجتمع بعد نفوذها العدسية المحدبة فتحرق ما تجتمع عليه. فقد ذكر اكثر من مرة ان بعض الامتعة احترق من وقوع ضوء الشمس عليه بعد مرورهم في نادية من زجاج. وقد يحترق النبات بسبب ما يجمع عليه من الندى. فان الندى يجمع نقطا مستديرة تضم ضوء الشمس كما تضم العدسية المحدبة. فاذا اشتد حرها احترقت النبات او يبست.

ثانيا المناثر. ومن منافع العدسيات استعمالها في المناثر لارسال الضوء الى البعاد شاشته

وكأنه قد يما يوقدون الخشب في المنارة ليبتدى الملاحون ثم استبدلوه بمصابيح الزيت ليضعونها في
البؤرة الرئيسة لمرة مقعرة فنعكس نورها في شعاع متوازية الى بعد عظيم ثم زادوا ذلك تحسيناً
باستعمال النور الكهربائي في بؤرة عدسية كبيرة مفردة الحديد يحولها عدسيات من البلور
مفردة الحديد ايضاً وموضوعة بحيث تكون بؤرة العدسية بؤرة كل منها فتبعث النور مسافاً
شاسعاً وتند ورقبته الى جهات مخصوصة وللعديسات منافع عديدة في الآلات البصرية
سياتي الكلام عليها في محله.

(٢٨٢) الفجر والشفق في الفجرات والجد من الشرق قبل شروق الشمس الشفق ضلوع
من الغرب بعد غروبها وكلاهما حاصل عن انكسار ضوء الشمس انعكاسه في الهواء من طبقة الى اخرى
فلولا الهواء لاستوى لظلام حال غروب الشمس ولم نعلم بقدر دم الصباح الاحال شروقها

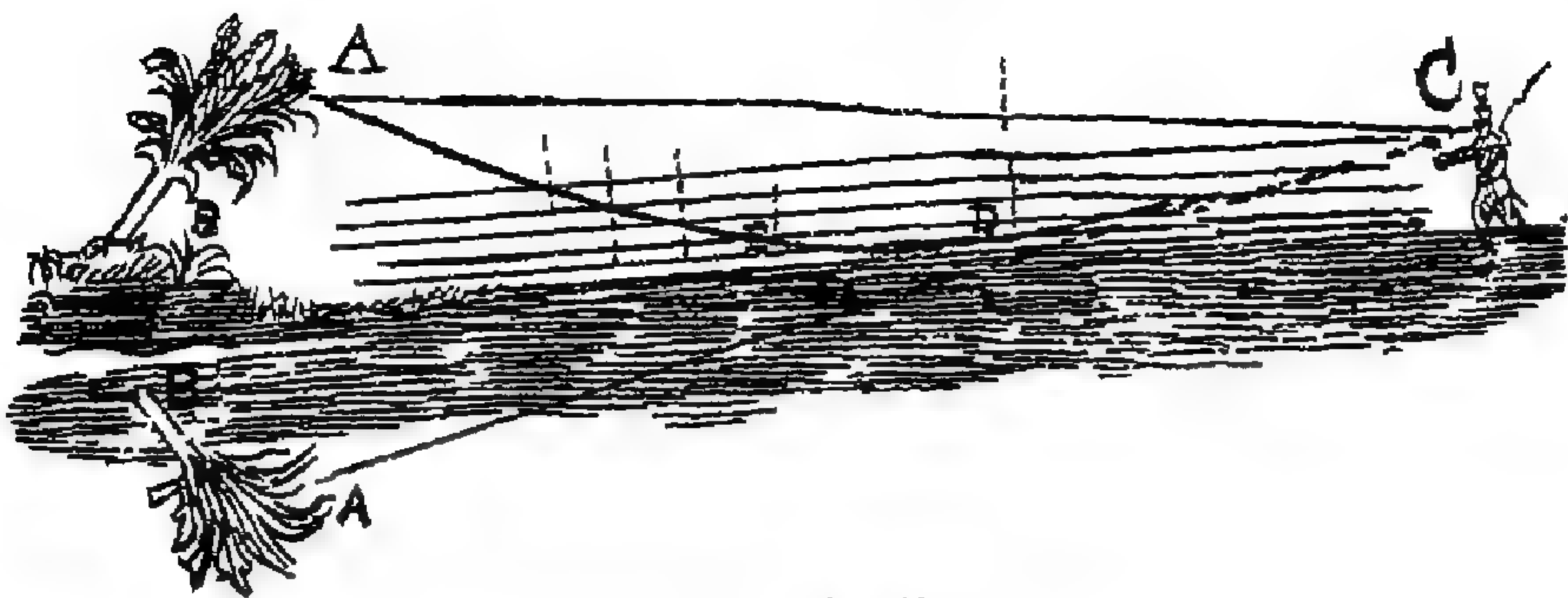


الشكل ١٤١

ولما كان نور الشمس يتكثف في نفوذه الهواء ليظهر انه آتٍ من مصدر اعلى من مصدره و
لذلك نرى الشمس تشرق قبل شروقها وتغرب بعد غروبها كما يتضمن من الشكل ١٤١.

(٢٨٣) الشراب في الشراب ظاهرة هوائية بها يرى الانسان الاشباح صوراً مقلوبة
في الارض كما انها منعكسة عن الماء واللسن البعيدة صوراً مقلوبة في الهواء ومقومة وقد
يكون سبب عناء عظيم لجانب المقاذير والبقاع الحارة في مصر وسودية وغيرها لانه اذا رآه
عن بعد وقد اشتد به الظمأ توهماً فيطلبه ليرى به ظمأه فاذا بلغ المكان الذي
رآه فيه وجدته قد تباعد عنه وبعث امامه على وجه الرمال ولذلك قال الشاعر
به ولا يتبع الشراب من الشراب

وسبب انكسار أشعة النور وانعكاسها عن الهواء فإنه متى اشتد الحر على الرمال سخن الهواء المباشرها أكثر مما يسخن الهواء الذي فوقه فيتلف ويبقى ما فوقه أكثف منه .



الشكل ١٤٢

فاذا وقف رجل في الشكل ١٤٢، ينظر الى اشجار امامه عند اشتداد حر النهار على ما ذكر فلا يخفى انه يراها باسعة النور المنكسرة عنها الى عينه . فعند مرور هذه الاشعة في الهواء تمر في طبقات متباينة الكثافة مرفوق فذا لا تنكسر عن العمود وتتخذ شيئاً قريباً من تلاقى طبقة من طبقات الهواء D مائلة عليها ميلاً عظيماً فلا تنفذها بل تنكسر عنها كما مر في الانكسار الكلي (١٤١) و متى انعكست تنفذ من طبقة الى اكثف منها حتى تصل اخيراً الى العين فيرى الناظر صورة الاشجار في جهة DA اي مقلوبة كأنها ضعفت عن الماء وقس على ما تقدم بقية ظواهر السراب . ترى في الشكل ٣، صورة سراب شوهد في بلاد الحبش



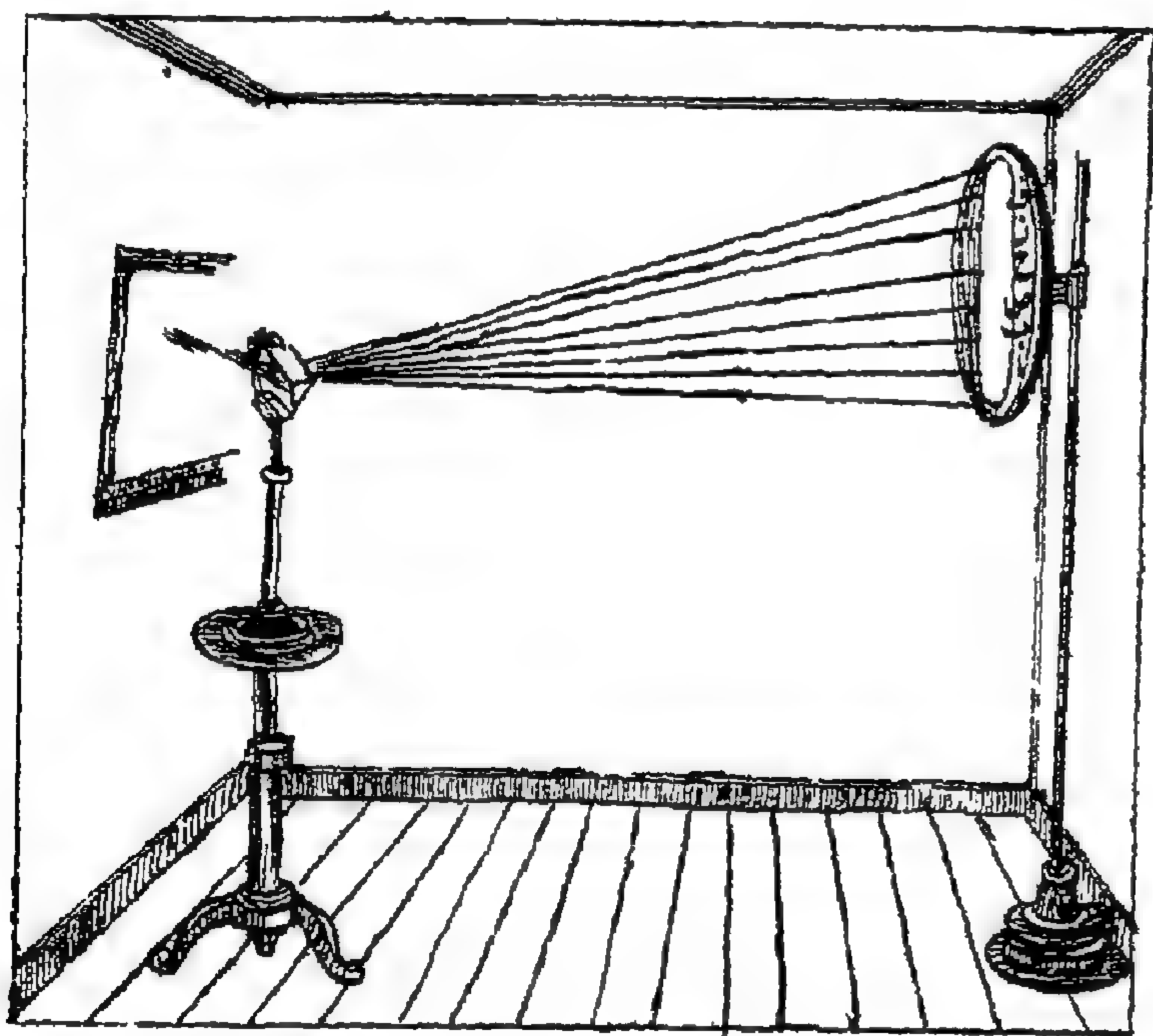
الشكل ٣١

(١) ان التراب من موصلة نطان طويل لكن سبيل يرون قريباً العلامة فيم فرنسا وحينما ابلا مصر مع بونابرت

الفصل الرابع

في انحراف النور

(٢٨٣) الطيف الشمسي بـ لون ضوء الشمس يصف ذائق على منشور او عدسية ونقده فلا ينكسر فقط عن استقامته كما مر بل ينحل ايضا الى اضاءة متعددة مختلفة الالوان متفرقة بعضها عن بعض وهذا هو انحراف النور



الشكل ١٤

ولبيان ذلك ادخل حبلًا من ضوء الشمس من خرق في الحائط الى غرفة مظلمة واقعه على منشور الشكل ١٤، ثم استقبله بعد نفوذه المنشور بقربطاس او ما شبه فوجد ان موثقا من سبعة اضاءة ملونة بالوان قوس قزح وهي البنفسجي فالنيلي فالأزرق فالأخضر فالأصفر فالبرتقالي فالأحمر بحسب ترتيبها في الطيف. فالبنفسجي ينكسر في نفوذه المنشور اكثر منها كلها والأحمر اقل منها. وقد نظمها المعلم اسعد الشدوي بحسب انكسارها

في الايات الآتية.

الوان طيف الشمس سبعة يرى ترتيبها فيه كما سيذكر
بنفسجي كشرشيلي ليلي وازرق يديه ثم الاخضر
واصفر وبرتقالي كذا وفي حاتم الكل ياتي الاحمر
واعلم ان كل لون من هذه الالوان السبعة بسيط اي لا يخل الى الوان اخرى كما
يخل النور الابيض وويل ذلك انك اذا حلت نور الشمس في المنشور ثم القيت النور
الاخضر من الانوار السبعة مثلا على منشور آخر فانه ينكسر فيه ولكن لا يخل بل يبقى لونه
اصفر كما كان. وهذا السمي هذه الالوان السبعة الالوان البسيطة والاصلية
وقال قوم من الطبيعيين ان هذه الالوان للنور تحصل من اختلاف عدد الامواج
لتموج الاثير فانه متى هز الجسم الميز الاثير تموج وكما زاد عدد امواجه قرب لونه من
البنفسجي وكما قل عددها قرب من الاحمر فعدد امواج اللون الاحمر ٣٥٨ الف
الف الف موجة في ثانية وعدد امواج البنفسجي ٢٤ الف الف الف موجة في
ثانية على ما حبه العلامة افرستل.

٢٨٥) اشعة النور والحرارة والاشعة الكيماوية في الطيف
اشعة الطيف الشمسي على ثلاثة انواع اشعة نور وهي التي تنحل
الى الالوان السبعة كما ذكر واشعة حرارة وهي متوزعة بين اشعة
النور واكثرها تحت الاحمر واشعة كيماوية وهي متوزعة بين اشعة النور
والحرارة واكثرها فوق البنفسجي.

اما اشعة النور الشمسي فمنها الضوء واشدها ضياء الاصفر والاخضر ولذلك

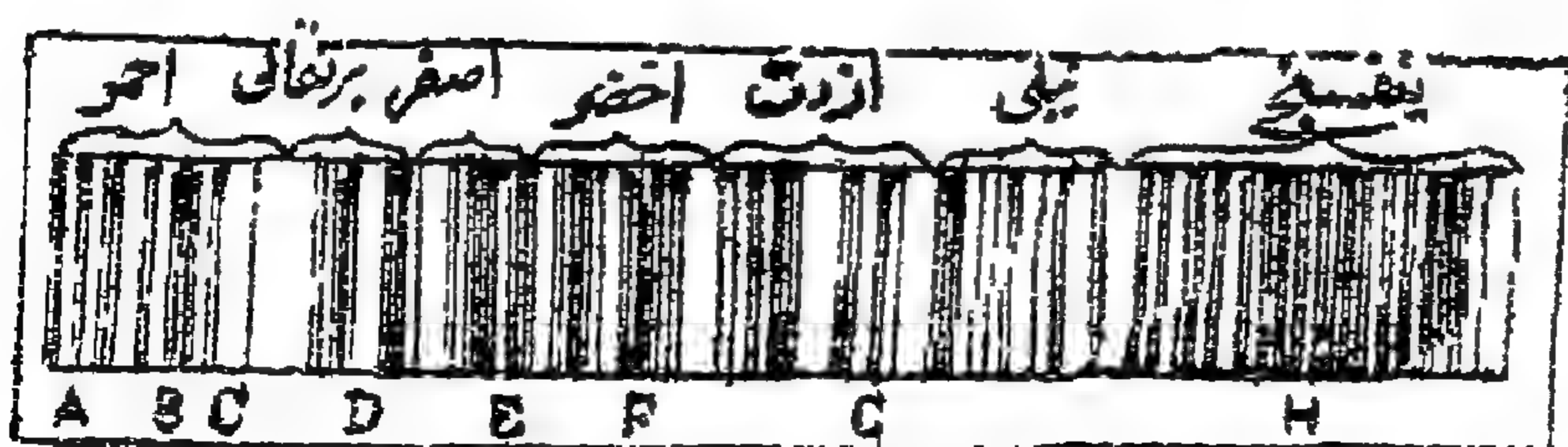
(١) قال ابروستروم تبعه ان ثلاثة من هذه الالوان بسيطة وهي الاحمر والاصفر والازرق

والبقية مركبة منها. وانكرو ذلك غيرهم ولكنهم وافقهم على انه يمكن تركيب بقية الالوان من

هذه الثلاثة. وقال يوحنا هوستل بلون ثامن بسيط وراء الاحمر واخو وراء البنفسجي وقال آخرون

فيها عشرة. والثفق عليه عند الجمهور انها سبعة كما ذكرنا.

اذا وضع كتاب في واحد منها بآنت كتابته اوضح مما تبين في غيره. واما اشعة الحرارة فمنها
الحر والذئب ويعرف توزعها بالثرمو متر فاذا وضعنا الثرمومتر في اللون البنفسجي ثم مررنا به
على بقية الالوان رأينا أنه يرتفع من ترديد الحرارة حتى يرتفع اعظم ارتفاعه في فسحة مظلمة
وراء الاحمر بقليل. واما الاشعة الكيماوية فهي التي تغير الالوان الاجسام. فالثياب تنقش (تجود)
شيئا فشيئا اذا اصابها نور الشمس من الاشعة الكيماوية التي فيه وبعض الاجسام يسود لونها
في الشمس منها ايضا. فاذا اخذنا ورقة مبتلة بماء الفضة وامررناها على الطيف مبتدئين من
الاحمر رأيناها تسود. ونزجدا اسود اذا كلما قربت من البنفسجي حتى تبلغ اعظم اسودادها فته
وصلت الى فسحة مظلمة وراءه. وبالاجمال يقال ان ضياء الطيف في الاصفر وحرارته في الاحمر
وفعل الكيماوي في البنفسجي. وعلى ذلك يسرع نمو النبات اذا جاءه النور من زجاج ازرق و
يدفأ الانسان اذا جاءه من زجاج احمر ويسلم الجندي من رصاص العدة اذا لبس ثيابا زرقاء
ورما دية اكثر من يلبس ثيابا صفراء او خضراء. وتصور الصورة بالقوة عرافية ولو في
الظلام اذا رقت عليها الاشعة الكيماوية. اما الانوار الصناعية فتختلف فيها نسبة هذه الانواع الثلاثة
(٢٨٦) خطوط فرونفور. اذا دققنا النظر في الطيف الشمسي رأينا
انه غير متصل اتصالا تاما بل تقطع خطوط كثيرة سوداء عمودية على تسمى
خطوط فرونفور وهو اقل مزدورها وصفها ورسمها وسمى اشهرها بالثمانية
الاحرف الاول من حروف الهجاء الرومانية.

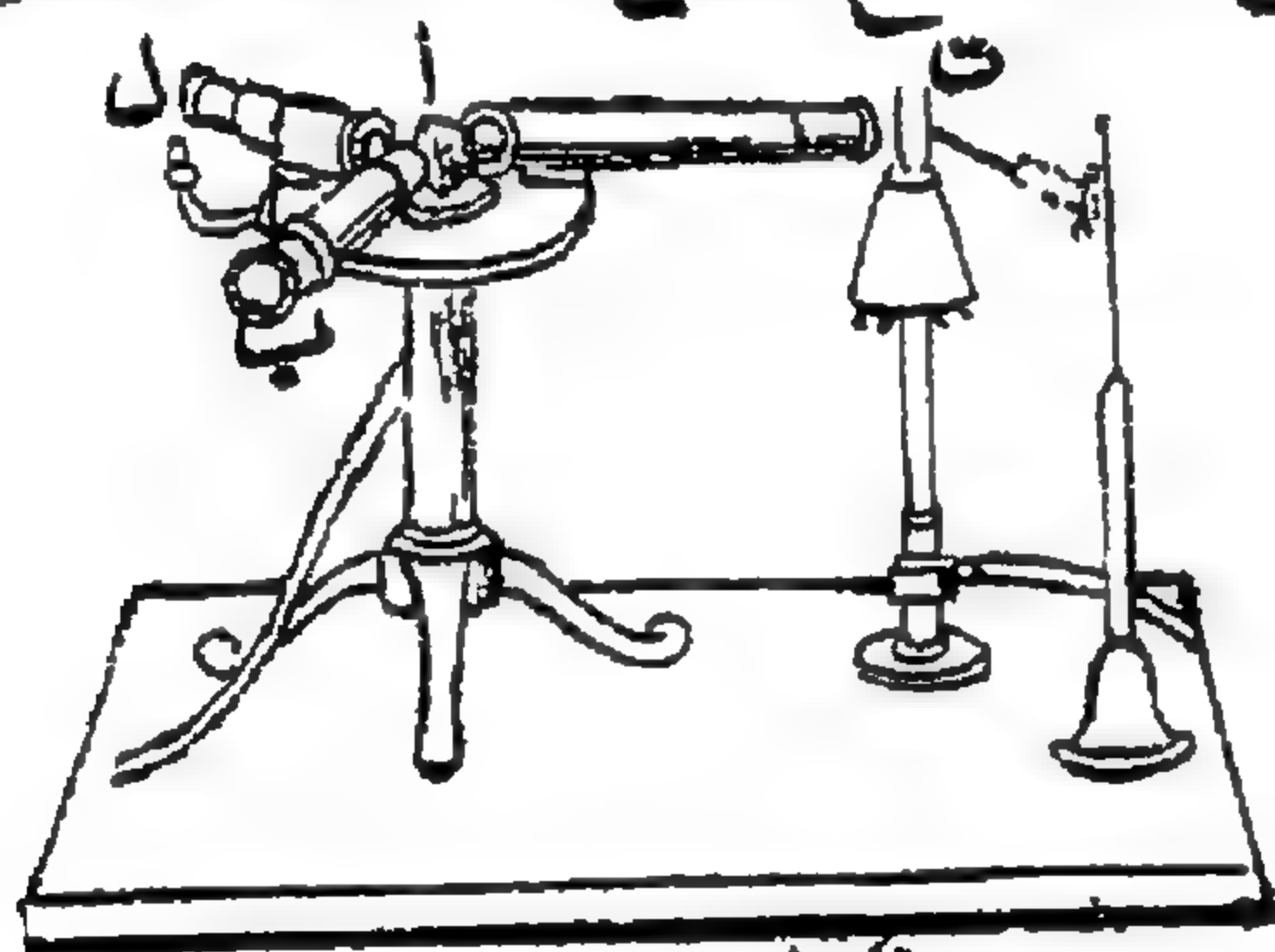


الشكل ١٥

تري في الشكل ٥، رسم الطيف الشمسي، فالخطوط البيضاء خطوط فرونفور في
الفسحات السوداء الوان الطيف. وقد تحققوا ان هذه الخطوط تحدث من اشتعال اجسام

فاذا اشعلنا جسماً ونظرنا الى الطيف الذي يحدث من اشتعاله وجدنا انه يوافق خطاً منها كما يعرف بالسبكتروسكوب.

(٢٨٤) السبكتروسكوب السبكتروسكوب هو المنظر الذي تنظر به خطوط فروهوفر في الطيف وهو على اشكال عديدة منها الشكل ١٤٦ ترى فيه ثلاثة منظرآت مركبة معاً على قاعدة بحيث تلحق محاورها في منشور بينها فيوضع الجسم المشتعل عند فتحة امام منظر الشق في فمه يوسع ويضيق حسب ايرام. فيدخل شعاع الجسم المشتعل من هذا الشق الى المنظر ثم يخرج منه ويقع على المنشور فينفذ وينحل الى الطيف كما تقدم. فيضع الناظر عينه على المنظر ويرى الطيف امامه وخطوط فروهوفر مكبرة فيه فيقيس البعد بينها بواسطة المنظر الثالث. وذلك لان في هذا المنظر مقياساً مقسماً اقساماً عديدة ومصوراً على الزجاج. فاذا وضع مصباح امامه وقت صورة المقياس على



الشكل ١٤٦

المنشور وانعكست عنه الى عين الناظر فيقيس بها البعدين خطوط فروهوفر ويعين اماكنها.

وعلى ذلك وجدوا انه اذا وضع في لهيبات قليل من معدن الصوديوم ظهر في طيفه خط اصفر لامع يوافق الخط D من خطوط فروهوفر في الطيف الشمسي. واذا وضع فيه قليل من معدن البوتاسيوم ظهر خط احمر يوافق A من الطيف الشمسي وخط آخر في النقيض يقرب H. فمن مقابلة طيوف الاجسام المشتعلة الارضية بخطوط فروهوفر وغير ذلك تحققوا ان في الشمس معادن وغازات كثيرة كالحديد والنحاس والزنك والكاليوم والصوديوم والمغنيسيوم والهيدروجين والاكسجين

والنير وجيز وغيرها. وعرفوا مواد نجوم عديدة. وللسيكترسكوب اعتبار عظيم عند علماء الهيئة والكيمياء واستعمال كثير عندهم.

(٢٨٨) تركيب الألوان السبعة. لما كان النور الأبيض يهبط إلى لون الطيف السبعة فهو مركب منها ولذلك إذا ركبناها معاً تكون منها نور أبيض وقد بين ذلك الفيلسوف اسحق نيوتن بأنه مزيج من سبعة مساحيق ملونة بالون الطيف الشمسي فوجد أن لون المزيج أشبه إلى أبيض مائل إلى السواد. ودهن قوساً مستديراً بالألوان الطيف وجعل فتحة كل منها مناسبة لصفحات البقعة وإذا دار القوس سريعاً فرأى لونه أبيض. وما يستبين منه ذلك أنه إذا التقى الطيف على مرآة مقعرة أو عدسة محدبة بحيث تنظم ألوانه إلى بؤرتها ظهر هناك نورة أبيض.

(٢٨٩) الألوان الممتدة. إذا انزعنا لوناً من ألوان الطيف فمزيج الستة الباقية يسمى متم ذلك اللون وبالعكس لأن اللون الأبيض يتم من مزجها معاً. وإذا انزعنا لونين فمزيجهما متم مزيج الباقى من الألوان الطيف. وكذلك إذا انزعنا ثلاثة ولم يبق إلا لونان طبيعيين بامتتانات عديدة لمزج ألوان الطيف عرفوا أن الأبيض يتحصل أيضاً بمزج بعض ألوان الطيف فقط وليس بضرورة أن تجتمع كلها لتحصيل اللون الأبيض. فإذا مزج الأزرق بالأصفر مثلاً ينتج أيضاً مزيج أبيض فيحسب الأزرق متم الأصفر. وكذلك إذا مزج الأحمر والأخضر فينتج أبيض أيضاً. فاحد هذه الألوان الثلاثة متم للآخرين الباقين وبما أنه من اختلاف مزج هذه الألوان الثلاثة يتحصل أي لون كان سميت الألوان الأساسية. ويجب على المصورين وجامعي الأزهار أن يتحفظوا الألوان الممتدة للأبيض لأن مجاورتها لبعضها البعض هي لأجل النظر.

لكن يجب أن يميز بين الألوان الطيفية واللوان الصباغات فمزيج صباغ الأصفر وصباغ الأزرق ينتج عنه أخضر وليس أبيض كما إذا مزج أزرق وأصفر الطيف. وسبب ذلك أنه في مزج الصباغات تحصل

على الحذف لا الأضافة. لأنه في النور يكاد صباغ الأزرق يمتص كل نور
الأصفر والأحمر وصباغ الأصفر يمتص نور الأزرق والنفس يمتص حتى يبقى
الأخضر فقط.

٢٩٠ لون المرئيات ليس للمرئيات لون في ذاتها بل لونها من النور
الذي ينعكس عنها فأنها تحل النور الذي يقع عليها ثم تعكس اللون
الذي تظهر به وتمتص البقية ولذلك إذا انقطع النور عنها لم يبق
لها لون. فكما اشتد حلك الظلام خفيت ألوان الأجسام ولم يعد
التأثير يميز الفرق بين الأصفر والأخضر وغيرها.

فكل جسم يكتب لونه من النور الذي ينعكس عنه فإذا كان ذلك الجسم يعكس
اللون الطيف السبعة كان لونه أبيض وإذا كان يمتص ستة ألوان ويعكس

الأزرق إلى العين كان لونه أزرق. إذا الصوف الأسود يمتص كل الألوان فالسواد
ليس لوناً بل عدم اللون. والأجسام الملونة بالزرق تعكس أكثر
من لون واحد فالخضراء تعكس الأصفر والأزرق. فإذا كان الخضراء مائلاً إلى
الصفرة عكست الأصفر أكثر من الأزرق وإذا كان مائلاً إلى الزرقة فالأزرق أكثر
واعلم أن الأجسام الشفافة تحل النور بنفوذها فيها فتلون باللون الذي ينفذها

أسهل مما سواه. فالهواء يتلون بالزرقة لأن لون الطيف الشمسي لا تنفذ كلها
بالسواء بل الأزرق يتفذه أسهل من غيره. (والأزرق ينفذ في الهواء تعكس الأزرق يمتص غيره)

٢٩١ تعارض النور. خذ عدسة مفردة التجريب وضعها على
سطح مستو من الزجاج كما ترى في الشكل ٨٠ بحيث يمتد محدها
وأحسب نقطة المماسية مركزاً وتوهم دوائر مرسومة حولها فيكون
بعد العدسة عن السطح المستوي متساوياً في كل دائرة من الدوائر

١٠ كل الأجسام ما كان لونها تعكس اللون الأبيض عن سطوحها الظاهرة إذا وقع عليها النور الأبيض.
وأما ألوانها الخاصة فتحصل من نفوذ النور بين دقائقها إلى عمق ما ثم العكاس تلك الألوان من ذلك العنق

سواء كان من اليمن او من اليسار وتزيقية الجيتا. وكلما بعدت الدائرة عن المركز زاد البعد بين العدسية والسطح المستوي. ثم ادخل شعاعاً من النور الاحمر حتى يقع على سطح الزجاج فتري في المركز نقطة سوداء وحولها دائرة حمراء وحول الدائرة الحمراء حلقة سوداء وحولها دائرة اخرى حمراء وحول هذه حلقة ثانية سوداء وحولها دائرة ثالثة حمراء وهكذا الى النهاية وتسمى هذه الدوائر حلقات نيوتن. ثم قس البعد بين السطح المستوي ومحدد العدسية عند كل دائرة من الدوائر الحمراء فتجد انه اذا كان البعد بينهم عند الدائرة الاولى يكون عند الثانية ٢ وعند الثالثة ٣ وهكذا.



الشكل ١٤١

ويتضح سبب ذلك اذا فرض ان النور يحدث من قوچ دقائق الاثير لانه متى وقع النور الاحمر على سطح الزجاج كما تقدم يتعكس بعض الاشعة عنه وبعضها عن محدب العدسية. وقد فرضنا ان هذه الاشعة ا موج الاثير فان كان البعد بين السطح المستوي ومحدد العدسية اقل من طول موجة من الاثير تعارض الامواج المنعكسة عن احدها الامواج المنعكسة عن الاخر عد ١٥٢ فنطفي بعضها بعضها وتحدث ظلاماً. وهكذا ايضا ان كان البعد بين السطح المستوي ومحدد العدسية اكثر من طول الموجة والموجتين الخربكس فتحدث من هذه المعارضة الحلقات السوداء المذكورة آنفاً. واما ان كان البعد بينهما طول موجة او موجتين او ثلاث او عد د آخر صحيح فتلاقي الامواج المنعكسة عن السطحين بعضها بعضها وتجتمع فتحدث نوراً اشده من نور الموجة الواحدة. ومن هذا النور والدوائر الحمراء. ولما كان بعد السطح المستوي عن محدب العدسية عند الدائرة الاولى الحمراء يساوي طول موجة من امواج النور الاحمر فاذا عتسنا هذا البعد بالتدقيق عرفنا منه طول موجة من النور الاحمر.

واذا ادخلنا عوضاً عن الاحمر نوراً اصفرًا واخضرًا وغيرهما من الانوار البسيطة

الالوان حدثت واثرت صفراء وخضراء عوضاً عن الدوائر الحمراء الما ذكرها ولكنها
تكون متفاوتة الاقطار بعضها كبير وبعضها صغير وقد وجد وان الدوائر الحمراء اكبر
الجميع والدوائر البنفسجية اضعفها. ولذلك تكون الامواج الحمراء اطول الجميع البنفسجية
اقصرها وامواج ما بينهما متوسطة بينها في الطول حسب ترتيبها. ويعرف طول موجة
كل منها بقياس البعد بين السطح المستوي ومحدد العدسية عند الدائرة الاولى
الملونة كما في موجة اللون الاحمر.

٢٩٢ طول امواج النور ان قصر امواج النور غريب فقد حسبوا
ان نحو أربعين الف موجة من الاحمر لا يزيد طولها عن قيراط واحد كذلك نحو
ستين الف موجة من البنفسجي. ثم ان سرعة النور في الثانية ٩٢٠٠٠ ميل
نضربها في ٢٨٠٥٢٨ فتصير قراريط. ثم نضربها في نحو ٢٠٠٠٠ فيكون
الحاصل عدد امواج اللون الاحمر التي تدخل العين في الثانية وهو
٢٥٨ الف الف الف موجة. وعلى ما تقدم نستعلم عدد امواج اللون
البنفسجي التي تدخل العين في الثانية وهو ٢ الف الف الف الف موجة
كما سبق فسبحان من بقدرته واسع علمه يجد جميع الاشياء من
اصغرها الى اعظمها.

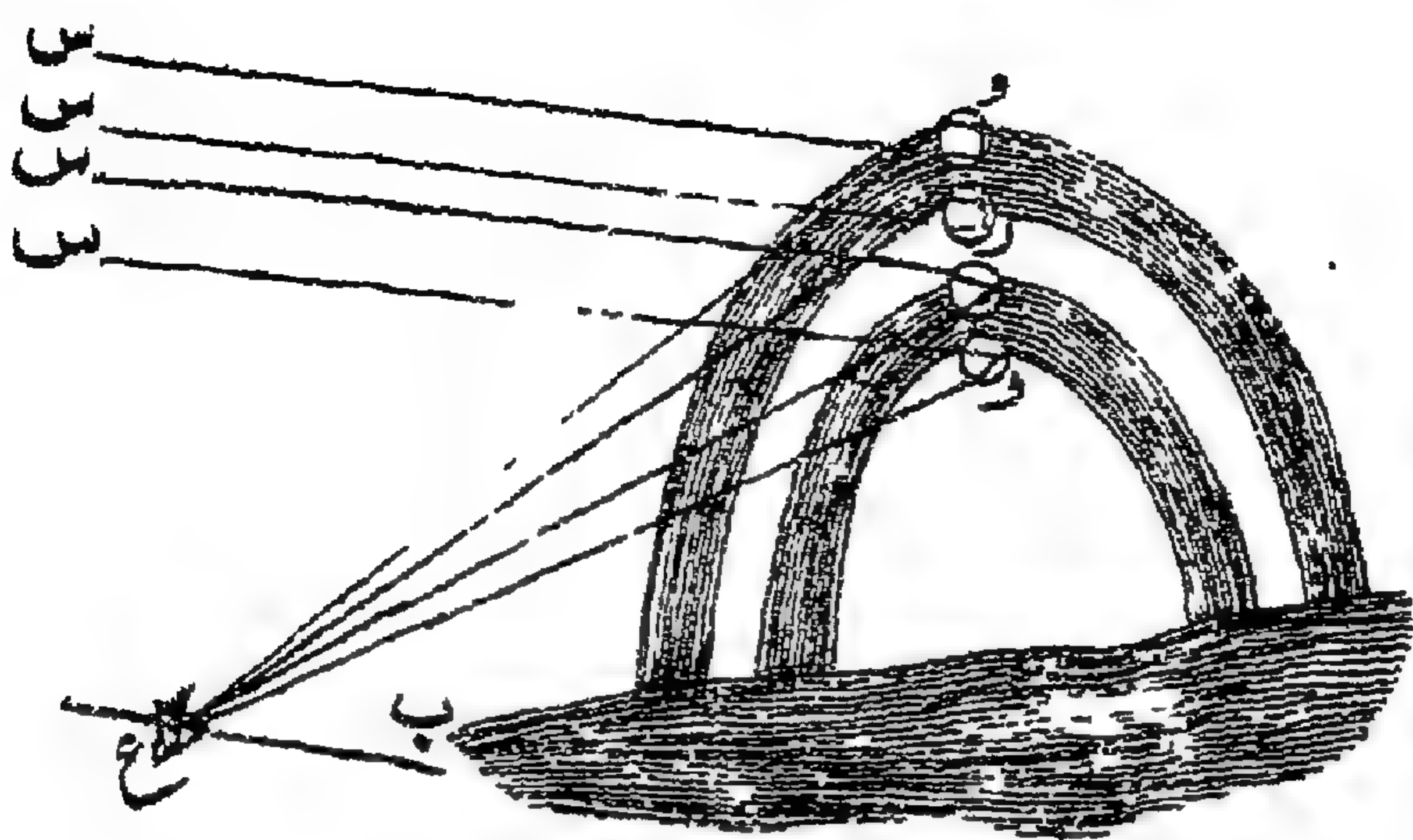
٢٩٣ الوان غنى الحمام هو تعدد الالوان وتغيرها بتغير موقع الناظر
كما ترى في عرق اللؤلؤ وغيره من الصدقات البراق. وسببه ان هذا الصدقات
مؤلف من صفائح رقيقة جدا متراكب بعضها على بعض بحيث تقصر قليلا حافة ما
فوق عن حافة ما تحته فيحصل من ذلك بين حافاتها خطوط عديدة متقاربة جدا
وعند وقوع النور عليها تقارن اشعته بين هذه الخطوط فتعكس وتبدل الوانها البتة
وبينها الفسحات السوداء كما تقدم في تقارن النور وتظهر هذه الالوان على
كل ما كان منحنيا من السطوح خطوطا كثيرة متقاربة كعرق اللؤلؤ وقد حسبوا انه
اذا خط على سطح الفاخت في فسحة كل قيراط مربع منه بدت عليه الالوان المذكورة

ولذلك يخططون طالعاً من الفولاذ من ألفين إلى عشرة آلاف خط في القيراط ثم يطبقون به الحبل كالزدة الذهبية ونحوها فتظهر ملونة بهذه الألوان ولذلك أيضاً يظهر ريش الطاووس وعنق الحمام واجنحة الذباب ونحوها ملونة بها، ولو ضوحيها في عنق الحمام سميت بالإضافة إليه مثل عروق اللؤلؤ وكل ما كان ذا صفائح رقيقة جداً لا يزيد سمكها عن جزء من مليون من القيراط كصفائح الهواء الرقيقة التي بين شقوق الزجاج والحديد وكالزبد الذي يطفو على وجه الماء والراكد والزيت على وجه الماء والكحول على الزجاج وفقايع الصابون، فإن ألوانها الباهية تحدث من غشاء رقيق من الماء يغلف بعض الهواء فتصايبه أشعة النور تعارضت وأبدت ألواناً مضيئة بينها قسمات مظلمة واضمة.

٢٩٢ تشتت النور: إذا وضعت ابرة تجاه عينك ثم تطلعت إلى السماء من شباك رأيت أمامك عدة أبر: وإذا وضعت نصلي سكينين الواحد بلصق الآخر ونظرت من خلالهما إلى الجوز رأيت خطوطاً على غاية الجمال في ما بينهما وإذا نظرت إلى الجوز من وراء برقع أو إلى الضوء من وراء ريشة أو من شق ضيق في ورقة أو من وراء اهلاب عينيك رأيت له ألواناً باهية. فهذا كلها تحدث من تشتت النور، وسبب هذا التشتت هو أنه إذا وقعنا من أجل التأثير على حافة الأبرة أو النصل أو غيرها هزت دقائق الأثير التي بجانبها فتتأثر اهتزازات الأثير الواحد اهتزازات الأثير الآخر فيحدث من تقارصها ما يشبه الشرفات أو الطرر الملونة على الأجسام، ومن ذلك الاصطلاح على تسمية هذا التقارص بتشتت النور.

٢٩٥ قوس قزح: قوس قزح منطقة مستديرة ملونة بالألوان الطيف الشمسي من الأحمر إلى البنفسجي ينتصب في السماء مقابل الشمس عند وقوع المطر. وسببها انكسار ضوء الشمس الأبيض انعكاسه عن نقط المطر فينتحل إلى ألوانه السبعة. وكثيراً ما يرى قوسان معاً أحدهما واضع وهي الداخلية وتسمى القوس الأصلية والآخرى خفي منها وهي الخارجة وتسمى

القوس الفرعية وتخالف الاصلية في موقع الوانها فالاحمر في الاصلية فوق
البقية وفي الفرعية تحتها.



الشكل ١٨٩

(٢٩٤) القوس الاصلية: تحدث القوس الاصلية من انعكاس النور عن داخل نقطة
المطر انعكاسة واحدة فقط فاذا فرضت الشمس في جهة س س س س في الشكل ١٨٩
فعند ما تصيب شعاعها من راس نقطة المطر وينعكس بعضها عنه وينفذ البعض الآخر
فيها. وهذا النافذ ينكسر الى جهة العروى ويبقى سائرا نحو اسفل النقطة حتى ينعكس
عرجا فيما المقابل ثم يخرج منها وينكسر الى ما فوق اسفلها فبانكساره هذا ينحل فتبدو
الوانه متفرقة كما تبدوا وان الطيف الشمسي. ثم نفرض ان عين الناظر موضوعة
بحيث تلاقى اشعاع الحمراء من نقطة فلا ترى الا اللون الاحمر من الوان تلك النقطة
لان البقية تكون اعلى منه اذهى اكثر منه انكسارا عدد ٢٨٣ واما اللون البنفسجي
فتراه العين في نقطة اسفل منها واما بقية الالوان فتراه في نقطتين بين تلك النقطتين
(٢٩٥) القوس الفرعية: تحدث القوس الفرعية من انعكاس الاشعة عن داخل نقطة المطر
انعكاسين كما ترى في رؤي في الشكل المتقدم. وذلك بان تقع الاشعة على اسفل
النقطة فتنفذ فيها منكسرة الى الاعلى حتى تلاقى سطحها المقابل فتنعكس عنه الى
فوق ثم تنعكس مرة ثانية عن اعلاها وترجع فتخرج من النقطة وتنكسر الى اسفل حتى تلاقى
عين الناظر. وعلى ما تقدم ترى العين اللون البنفسجي في النقطة والوان الاحمر

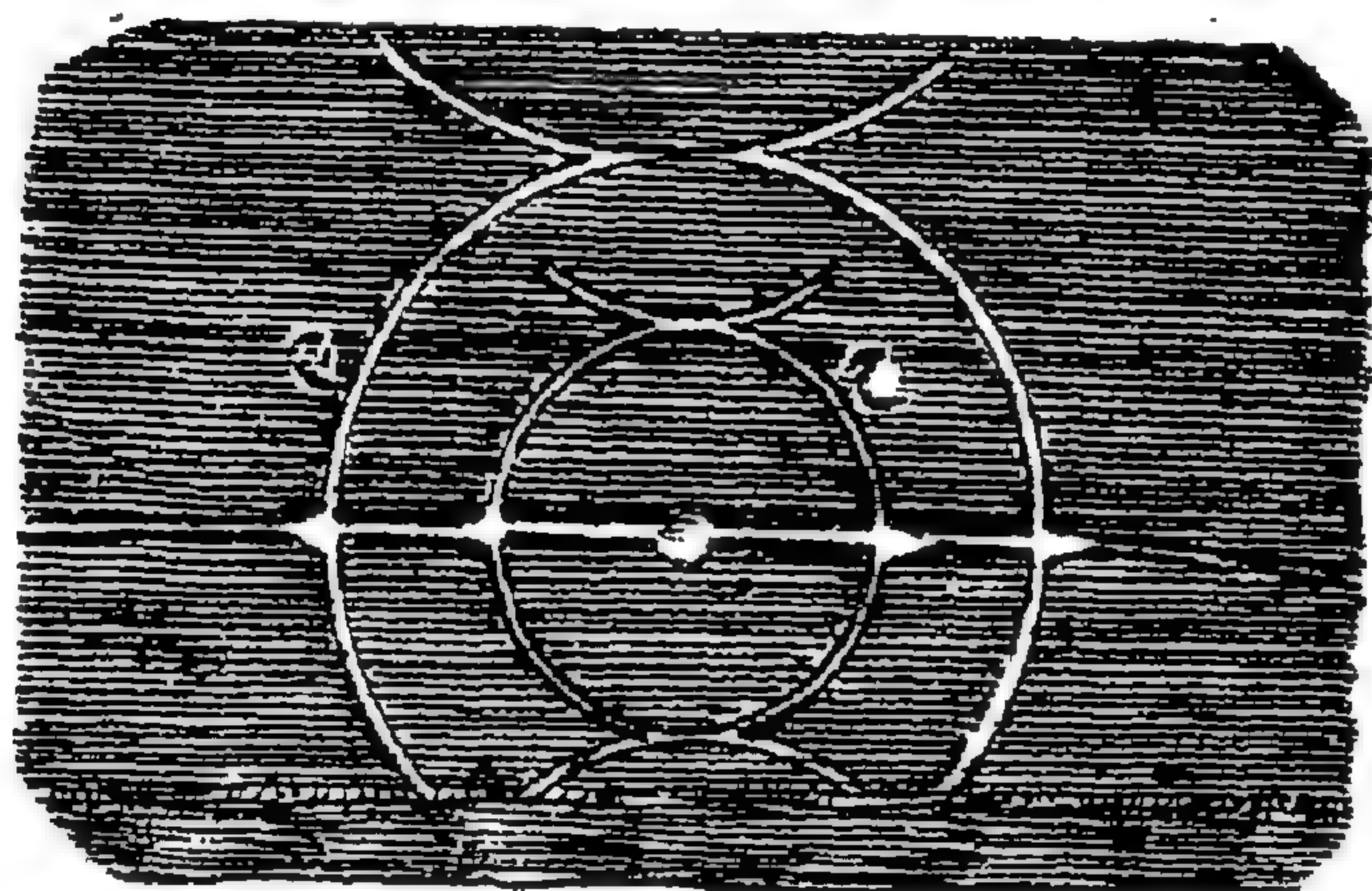
في النقطة ز وبقيّة الألوان في ما بينهما من النقط. ويتضح مما تقدم سبب ظهور البنفسجي فوق الأحمر في القوس الفرعية بخلاف ما في القوس الأصلية. لأن في القوس الفرعية تنكسر الأشعة إلى أسفل بعد خروجها من النقط فالبنفسجي لما كان أكثر الألوان انكساراً فشعاعته لا تلاقى العين ما لم تأت من نقطة أعلى من نقط بقيّة الألوان فيظهر فوق بقيّة الألوان (١)

(٢٩٨) سبب استدارة قوس قزح يظهر بالحساب أن الأشعة الحمراء متى نفذت نقط المطر في القوس الأصلية تجعل مع أشعة الشمس زاوية ٢٢° تقريباً أي أنه لو خرجت الشعاع من على استقامتها وأخرجت الشعاع الآتية من رجلي على استقامتها حتى تلتقياً كانت الزاوية التي تكون من ملتقىها نحو ٢٢° ويظهر أن الزاوية التي تجعلها الشعاع البنفسجي مع شعاعته من الشمس نحو ٢٠° وهاتان الزاويتان لا يتغيران البتة فلورسما خطاً ب من عين الناظر إلى الشمس وأخرجناه من الطرف ب على استقامته لمركز الدائرة التي تحسب قوس قزح قوساً منها. ولذلك يسمى محور القوسين. وهو مواز لأشعة الشمس دائماً فإذا كانت الشمس في الأفق كانت أشعتها ومحور القوسين موازية للأفق فيكون مركز قوس قزح في الأفق وتكون القوس نصف دائرة. ولنفرض أنا أو رنا الشعاع ع وحول محور القوسين ب ع بحيث تبقى الزاوية و ع ب على حالها غير متغيرة فالنقطة د ترسم في الجوّ دائرة وكل نقطة تقع في هذه الدائرة من نقط المطر تكون واقعة على الزاوية المطلوبة لوصول الأشعة البنفسجية منها إلى العين ولا تصل هذه الأشعة إلى العين من نقط ليست في تلك الدائرة وكذلك إذا دمرنا الشعاع د ع حول ب ع رسمت النقطة ر في الجوّ دائرة تصل منها الأشعة الحمراء إلى العين وقس بقيّة الألوان على ما تقدم. قلنا من ذلك أولاً أن قوس قزح يلزم أن يكون مستديراً وهو ما اردنا بيانه. وثانياً أنه كلما ارتفعت الشمس في السماء انخفضت القوس نحو الأفق وصغر الظاهر منها بالعكس كلما هبطت الشمس وثالثاً أنه قد يكون ترى قوس قزح دائرة تامة عز وجل لجمال الشافح.

(١) قد تظهر قوس ثالث في جهة الشمس من الدائرة وقد تظهر أقواس خفية داخل القوس الأصلية اضرباً

عن ذكرها وتعيين أسبابها لعدم احتمال هذا المختصر لذلك.

٢٩٩ الهالة. الهالة دائرة القمر وطلق هنا على دائرة الشمس أيضاً وهي حلقه مستقيمة حافتها الداخلية محبرة اللون وخارجها مبيضة وقطرها من الوسط نحو ٢٢. وهي لا تظهر إلا إذا كان حول الشمس والقمر غيوم رقيقة لبنية اللون يظن أنها مؤلفة من بلورات جليدية عائرة في الجو متعددة الأشكال أبسطها شكل منشور مقطوع الزوايا بحيث يصير ذات خمسة أضلاع. وسببها انكسار النور في هذا المناشير. ترى في الشكل ١٨٠ صورة هالة من نصف قطرها ٢٢ من الوسط وأخرى من نصف قطرها ٢٢. ويمر فيهما دائرة تسمى دائرة الشمس الكاذبة ويتكون من التقائهما بتلك الدائرة نقط بيض مشرق تسمى الشمس الكاذبة وإذا كانت الهالة حول القمر سميت الدائرة دائرة القمر الكاذبة والنقط الأقطار الكاذبة. والخاتمة أن هذه تظهر في الأعراض العليا.

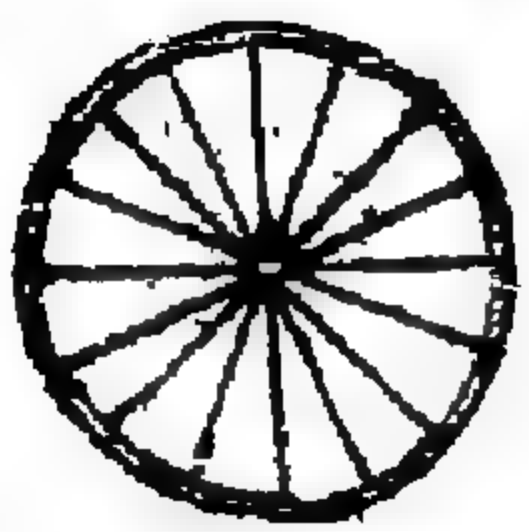


الشكل ١٨٠

الفصل الخامس

في استقطاب النور

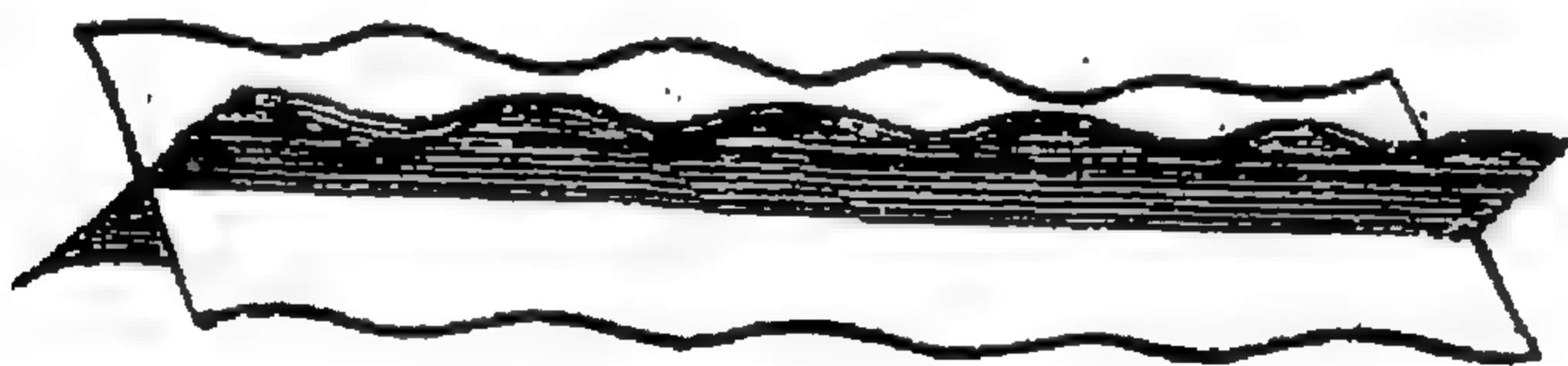
(٣٠٠) استقطاب النور. لو امكن لنا ان نرى ان ينظر الى طرف شعاع



الشكل ١٨١

من النور كما ينظر الى طرف العصا لكان يرى دقائق الاثر
تتوج في جهة كل اقطار الدائرة التي تتكون من طرف
الشعاع. الشكل ١٨١ معارضة في جهة تموجها لجهة
الشعاع في سيرها.

فاذا احللتنا جهة كل قطر من تلك الاقطار الى جهتين احدهما عمودية
على الاخرى كما مر معنا في حل القوت (١٨١) كان الخارج من حلها كلهما
جهتين احدهما عمودية على الاخرى كما ترى في الشكل ١٨٢. فاذا امتصت

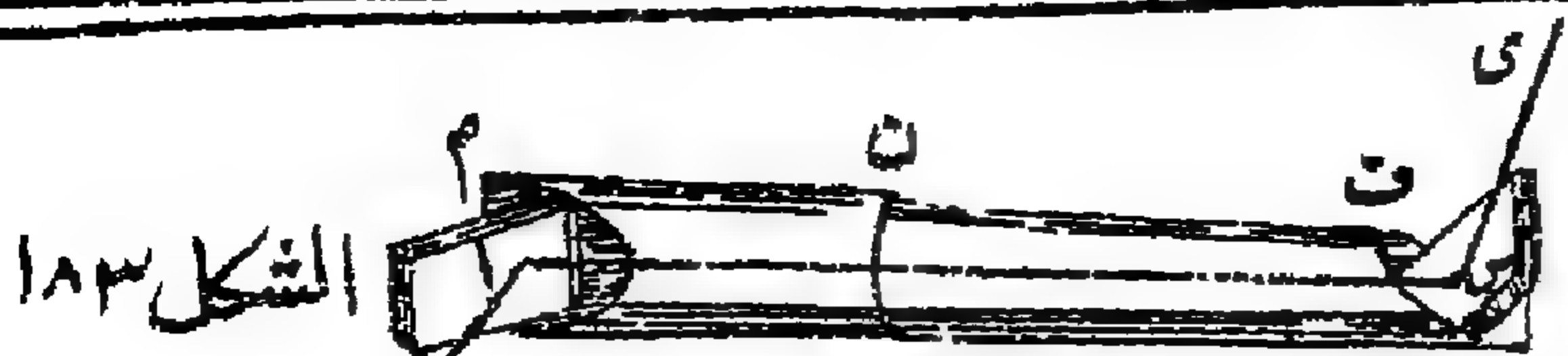


الشكل ١٨٢

امواج جهة من هاتين الجهتين امتصاصا كلياً او جزئياً وبقى لود امواج
الجهة الاخرى على حاله بطريقتين من الطرق سمي هذا النور المستقطب
وللاستقطاب طرق شتى كما ستري.

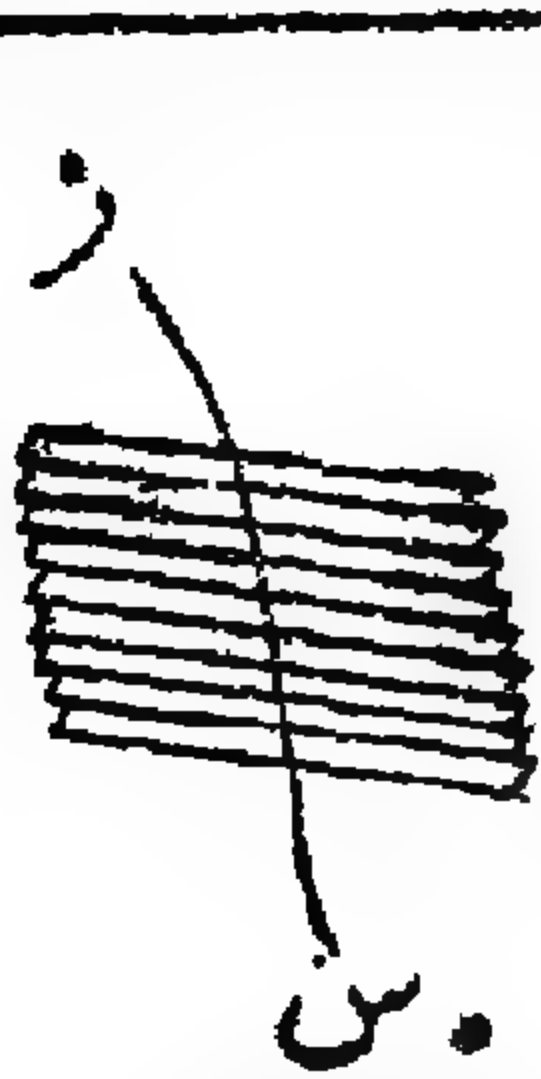
(٣٠١) الاستقطاب بالانعكاس. ادخل انبوبة في الشكل ١٨٣ بحيث تدور

في انبوبة اخرى من وركب على فوهتهما قطعتين من الزجاج الملون اوس بمفصلاً
حتى تمال كل منهما على محور الانبوبين بقدر ما يلزم اذا املنا كلامهما حتى يصيروا بينهما وبين الانبوبين



٣٣ درجة ثم وضعنا مصباحاً تجاه بحيث أن
 الأشعة الواقعة منه عليها قبل عليها ٥٥ درجة فهذا الأشعة تنعكس عن اذ تقع على س دائرة
 في الانبوبة م ن ف حينئذ إذا كان سطح وقوع الأشعة على س وهو اس ي مطابقاً لسطح
 وقوعها على ا وهو راس انعكست عن س مشرقة كثافتها كجبل من النور لا عتباري . ثم
 إذا دبرت ن ف اخذت كثافة الأشعة في التناقص حتى إذا صار سطح وقوع الأشعة
 على س عمودياً على سطح وقوعها على الكما ترى في الشكل ببلغ التناقص غايةً وقل اشراق
 الأشعة أو تلامشي . وإذا دبرت ن ف هنا أيضاً تزايد الاشراق حتى يبلغ غايته عند دوران
 س نصف دائرة وتناقص حتى يبلغ غايته عند رجوعها الى ما كانت عليه أولاً وتسمى
 هذه الآلة البولاريسكوب ويسمى المستقطب وس المحلل والنور المنعكس عن النور المستقطباً
 ويتضح تعليل هذا الاستقطاب كما يأتي : نفرض ان دقائق الاثير في الشعاع الواقعة
 على المستقطب تتجه في دائرة افقية وفي دائرة عمودية عليها (عد ٣٣)
 فاذا كان سطح الوقوع على انقيا يبطل التموجات الافقية من الشعاع واطفاً نورها
 واما التموجات السميتة فبقى على حالها ثم اذا كان سطح الوقوع على المحلل س مطابقاً
 لسطح الوقوع على الحزقيل كثافة الشعاع لانه لا يطفئ الا ما اطفاه اقبله . واما اذا دبر
 س حتى صار سطح الوقوع عليه عمودياً على سطح الوقوع على فيبطل التموجات السميتة
 ايضا من الشعاع ويطفئ ما بقى من نورها . هذا اذا كان اوس مستقطبين تامين
 ولا يطفئ بعض نور الشعاع ويترك بعضه على ما هو . وكذا يقال في تعليل باقي المقام .
 هذا اولها للنوران يستقطب كلياً او جزئياً بعد انعكاسه . ويكون استقطابه بعد
 انعكاسه عن الزجاج على اتمه اذا كانت زاوية ميله عليه ٥٥ ولا يستقطب الا قليلاً
 بعد انعكاسه عن المادون .

(٣٠٢) الاستقطاب بالانعكاس : اذا انضد ٢ لوحاً من الزجاج نضداً واحداً



الشكل ١٨٢

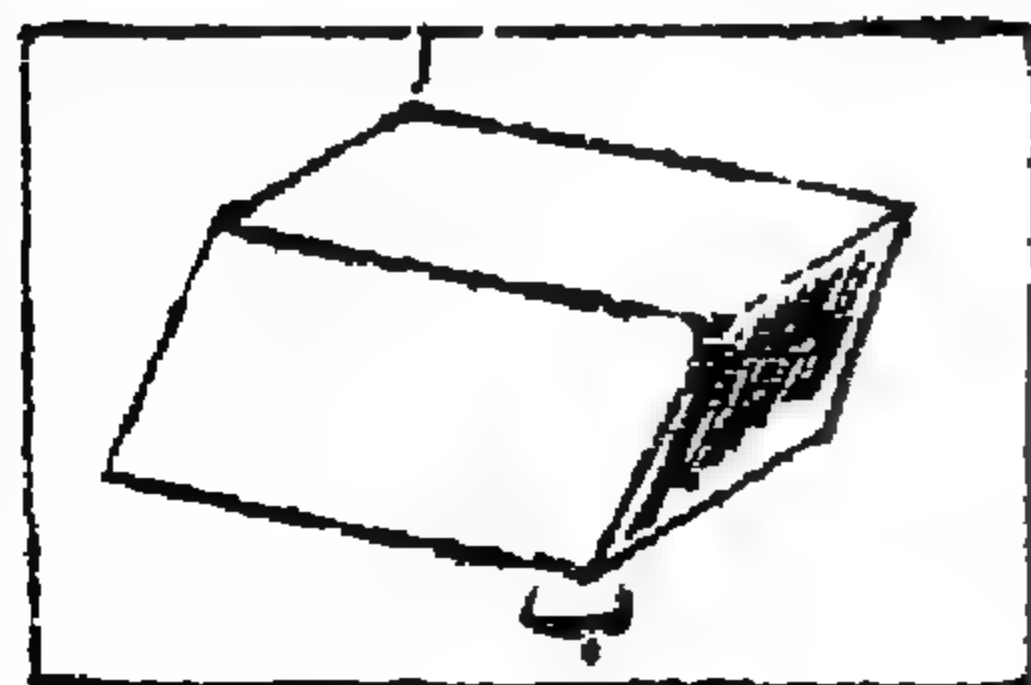
ر (الشكل ١٨٣) ونزلت عليه الاشعة من ر فلا تنفذ الى س الا وقد استقطبت كما يستقطب النور المنعكس - غير ان اماكن الكثافة في نورها تكون بعكس ما تكون في النور المنعكس فحيث كانت الكثافة في هذا على اقلها كانت في ذلك على اعظمها. وتعليله ان كل سطح من سطوح هذا النضد يعكس بعض النور حتى يبطل اخيرا من الشعاع المنعكسة كل الامواج التي تتموج في سطح الوقوع وتبقى كل الامواج التي تتموج في سطح عمودي على سطح الوقوع يعكس الشعاع التي تنفذ النضد فان هذا يبطل امواجها التي تتموج في سطح عمودي على سطح الوقوع وتبقى المتموجة في سطح الوقوع. فيكون استقطابها في سطح عمودي على استقطاب الشعاع المنعكسة.

د ٣٠٣ الاستقطاب بالامتصاص وضع بلورة من التربين ب (الشكل ١٨٢) على موازاة اخرى ت بحيث يوافق محور احدها محور الاخرى فالشعاع التي تقع على احدهما تمتص امواجها العمودية على محور البلورة وتنفذ امواجها الموازية للمحور منها ومن البلورة الاخرى فيستقطب النور بالواحدة كما يستقطب بالثنتين.



الشكل ١٨٣

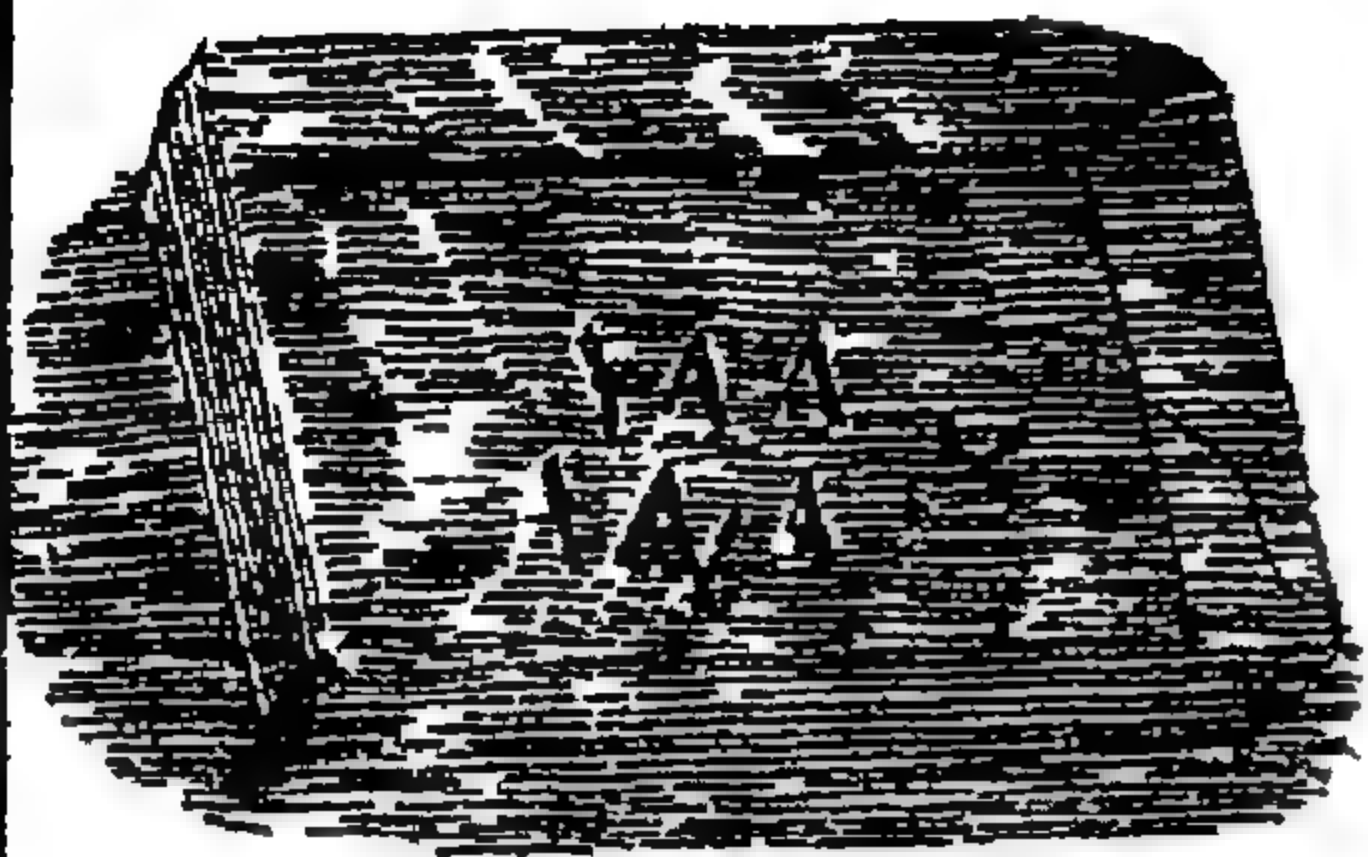
ثم وضع احدها عمودية على الاخرى كما ترى عندئذ فالامواج التي تنفذ الواحدة تمتصها الاخرى فتبقى اشعاعية. ولذلك تصلح هاتان البلورتان لاستقطاب النور وتحليله فيعرف اذا كان مستقطبا او غير مستقطب.



الشكل ١٨٥

ر ٣٠٣ الاستقطاب بالانكسار المزدوج + اذا مر شعاع نور من بلورة من بلورات الحجر الايسلندي و تكون موازية لمحورها ب (الشكل ١٨٥) انفصلت فيها

الى اثنين احدها خاضعة لنواميس الانكسار وتسمى الاعتيادية والاخرى غير خاضعة لبعضها وتسمى غير الاعتيادية. ولذلك اذا نظرنا شيئاً بهذه البلورة رأيناها مزدوجة ما لم يكن في جهة توازي محورها. واذا وضعناها على نقطة ثم ادبرناها شيئاً فشيئاً رأينا النقطة نقطتين احدها ثابتة وحول الاخرى.



واذا وضعناها على ارقام رأيناها مزدوجة كما ترى في الشكل ١٨٦. فهذا هو الانكسار المزدوج ثم ان كلا من الشعاعتين الاعتيادية وغير الاعتيادية مستقطبة لان امواجهما تتوجه في جهة واحدة

الشكل ١٨٦

فقط الا ان امواج الواحدة عمودية على امواج الاخرى هذا وينكسر النور انكساراً مزدوجاً في كثير من الاجسام الشفافة ويمكن ان يصنع الزجاج بالاحياء والضغط حتى يكسر النور كذلك. وللاستقطاب اشكال شتى عد لنا عن ذكرها لضيق المقام.

٣٠٥ منشور نكل. هو آلة مصنوعة من الحجر الايسلندي بها ينكسر النور انكساراً مزدوجاً فيقطع الشعاع الاعتيادية عن النور ويظهر غير الاعتيادية ولذلك نرى به الصورة غير الاعتيادية فقط من الصورتين اللتين يظهر الشئ بهما.

٣٠٦ منافع النور المستقطب. اعظم مانع يمنعا من رؤية الاشباح التي تحت سطح الماء انعكاس الاشعة عن الماء. فاذا استعمل منشور نكل في نظارة ماية فقد يقطع القسم المستقطب من النور المنعكس عن الماء ويؤذن برؤية ما تحته من الاشباح الى عمق عظيم. وبذلك يحسن الصيادون الصيادون الاصاطين لاسماك بالحرايب. ومن منافع ان المصورين الذين يتبعون رؤية الصور والنقوش قد يمنعون لعانتها من ذلك فاذا نظروها بمنشور نكل رأوها واضحة. ومنافع عظيمة في الابحاث الميكروسكوبية وفي الكيمياء وعلم الهيئة والجو والكثير العلوم الطبيعية. قيل ان الكيميين يكشفون حراً من ثلاثة عشر الف جرم من اكرام من الصودا اوجدت في جسم اتمو مميز ولها عن البوتاسا وغيرها من الفلويات. والفلكيون يعرفون به ان الشيارات تضيء بنور الشمس

والشوايت بنورها . والفسيولوجيون وغيرهم يفتحصون بلورات
البلورات التي في جسد الإنسان وغيره من الكائنات الحيّة
فيعرفون مادّتها من نورها المستقطب . فبلورات سكر
العنب مثلاً تحرف سطح الاستقطاب إلى اليمين وبلورات
سكر الليمون تحرف إلى اليسار وعلى ذلك تستعمل دولة
فرنسا آلة مستقطبة لمعرفة نوع السكر الوارد
إلى بلادها . وقس على ما ذكر

فوائد عديدة

لمزيد

الفصل السادس

في الخطاء الكروي والخطاء اللوني

(٣٠٤) الخطاء الكروي * ان العدسيات لا تؤدي الى العين صورة جلية لسببين الاول الخطاء الكروي والثاني الخطاء اللوني فالخطاء الكروي هو كون العدسية لا تجمع كل الاشعة الى بؤرة واحدة لان الاشعة التي تقع على حافات انكسار اكثر من التي تقع على وسطها. ولذلك تجتمع في بؤرة اقرب اليها من البؤرة التي تجتمع فيها الاشعة المنكسرة في الوسط. فلا تظهر صورة المرئي واضحة في كل اقسامها. ويصلح هذا الخطاء بان يوضع على حافات جسم ظليل لا ينفذ النور ويترك وسطها مكشوفاً حتى تنفذها الاشعة المركزية فقط. ولما كان هذا الخطاء يحصل من زيادة انكسار النور على حافات العدسية وقلته في وسطها يمكن التخلص منه ايضا بمجعل وسط العدسية كثير التحدب وتقليل هذا التحدب شيئاً فشيئاً من الوسط الى الحافات فيتساوى مقدار انكسار الاشعة في كل قسم من العدسية.

(٣٠٨) الخطاء اللوني * هو كون العدسية ترى المرئي ملوناً من حاشية بالوان قوس قزح فتقل وضوحه وتعب الباصرة. وسببه تفاوت الوان النور في الانكسار فالاشعة البنفسجية اكثر الانكساراً ولذلك تجتمع في بؤرة قريب من العدسية واما البواقي فتجتمع في بؤرات ابعد منها عنها بحسب قلة انكسارها فتبد والوان كما تبدو بالمنشور ولذلك يحصل الخطاء اللوني ولو اصلح الخطاء الكروي. ويصلح الخطاء اللوني بوضع عدستين اخري مع الاولى اضعف منها على تكسير النور ولكن

اقوى منها على تفریق الوانه فتفرق الالوان خلاف ما تفرقها العدسية
وبذلك تردّها الى لونها الابيض وتبقى الاشعة منكسرة بعضها انكساراً
تكبير الاشباح اولتقريبها كما سيأتي.

ضع عدسية مزدوجة التحديق من الزجاج الكليلي في عدسية فردوجة
التقعيد من الزجاج الصواني فالزجاج الصواني اقوى على تفریق الوان
الطيف من الكليلي ولذلك متى نفذت اشعة المزدوجة
المزدوجة التحديق وانحلت الوانها فترقا بعضها عن بعض
بسبب الخطاء اللوني تفرقها العدسية المزدوجة التقعيد
ايضا ولكن بخلاف تفریق المزدوجة التحديق لهما



فتجتمع كل الوانها الى بقعة واحدة
وترد نورها ابيض. واما

كيفية وضع العدسية الشكل ١١٤

المزدوجة التحديق في المزدوجة التقعيد

لاصلاح الخطاء اللوني فتظهر في الشكل ١١٤

وتسمى عدسية كهذه عدسية

اكر وضعت اي عدية اللون

*

==

الفصل السابع

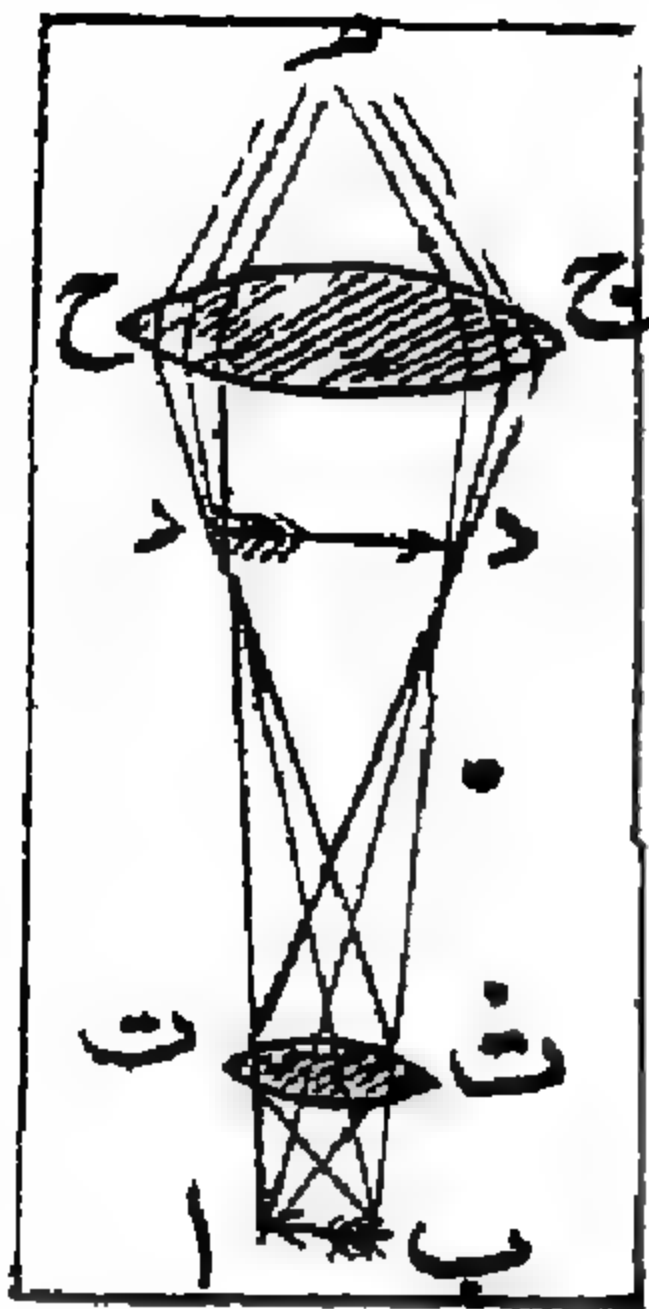
في الألآت البصرية

(٣٠٩) الألآت البصرية هي كل آلة تستعين بها العين على النظر سواء تألفت من عدسات أو مناشير أو مرآيا أو عدسات ومناشير ومرآيا معاً. وهي لكثير من الناس بمنزلة حاشية دراسة من الحواس بما يكبرن أصغر الأشياء ويقبلون البعداها ويكشفون أخفاها إلى غير ذلك مما لم يكن يتيسر للبشر التمتع به لو لاها. ولذلك كانت كبيرة الفائدة عظيمة الاعتبار وقد تعنتوا بها تعنتاً غريباً حتى كثرت أشكالها جداً. وكلها تندرج تحت ثلاثة أقسام وهي ميكروسكوب أو منظار الصغار به تكبير المرئيات التي يصغرها لأتراكها العين. وتلسكوب أو منظار البعديات به ترى العين الأشياء البعيدة سماوية كانت أو أرضية وآلات شتى لاقاء صور الأشياء مكبرة أو مصغرة على حجاب أو نحوه لتسهيل تصويرها أو كشف دقائقها أو لتسليته الناظرين إليها كالحزاة النيرة والمظلمة والقائوس السحري ومنه ذلك. وعلى هذه الأقسام الثلاثة مدار الكلام في هذا الفصل.

واعلم أن القسمين الأولين قلما يتخولا إلى منهما من عدستين على الأقل الواحدة يقع النور عليها من الشيء وتسمى بلورة الشيء والأخرى تنظر بها العين الصورة التي ترسمها بلورة الشيء وتسمى بلورة العين. والآلة قد يعاين عن بلورة الشيء مباشرة وقد يستغنى عن العدستين بواحدة كما ستري في النظارة العاكسة والميكروسكوب البسيط انشاء الله.

(٣١٠) الميكروسكوب الميكروسكوب إما بسيط وهو ما كان له عدستين واحدة

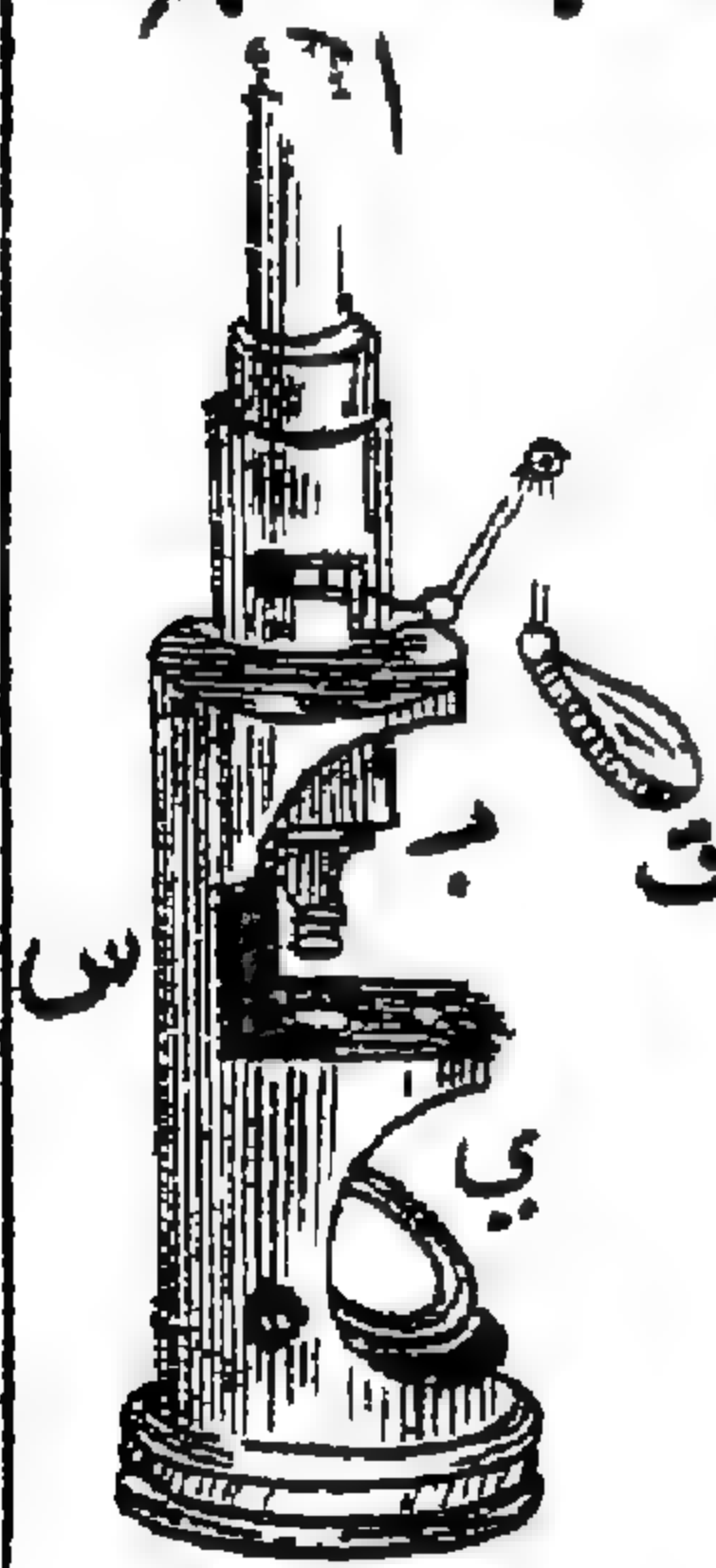
فزوجة التحديق واما مركب وهو ما تركب من عدستين على الاقل . اما البسيط فتوضع



الشكل ١٨٨

عدسية غالباً في حلقة من المعدن او من قرن الحيوان والعاج .
واكثر من يستعمله الشيخ وانقاسون والمصورون وغيرهم
ممن لا يقتضى لهما ان يباليان في التدقيق . واما المركب فالحق
اجزائه عدستان محدبتان احدهما ث (الشكل ١٨٩)
وهي بلورة الشيم والاخرى ج وهي بلورة العين . فاذا اريد
النظر به الى شئ صغير كالشيم اب جعل بعده عن بلورة الشيم
اعظم قليلاً من بعد بورتها الاصلية عنها بحيث تكبر صورة وتقلب مثل وذ وتوضع
بلورة العين بحيث تقع الصورة د ذات قرب اليها من بورتها الرئيسية فتكبر عما هي عليه
(عد ٢٤٨) وتراها العين من م مكبرة .

تري صورة الميكروسكوب المركب في الشكل ١٨٩ فان اب انبوبة فيها بلورة الشيم و
بلورة العين وس عمود مرتكزة عليه ودولب ترفع وتخفض به
لكل احكام البورة . وي مرآة تعكس الضوء الى الشيم الذي
تحت بلورة الشيم ليظهر جلياً اذا كان شفافاً اذ ينقذ النور حينئذ
فلا بيان جلياً . وق عدسية محدبة تجتمع الاشعة على الشيم فتبصر
بدلاً من للرآة اذا كان ظليلاً .



الشكل ١٨٩

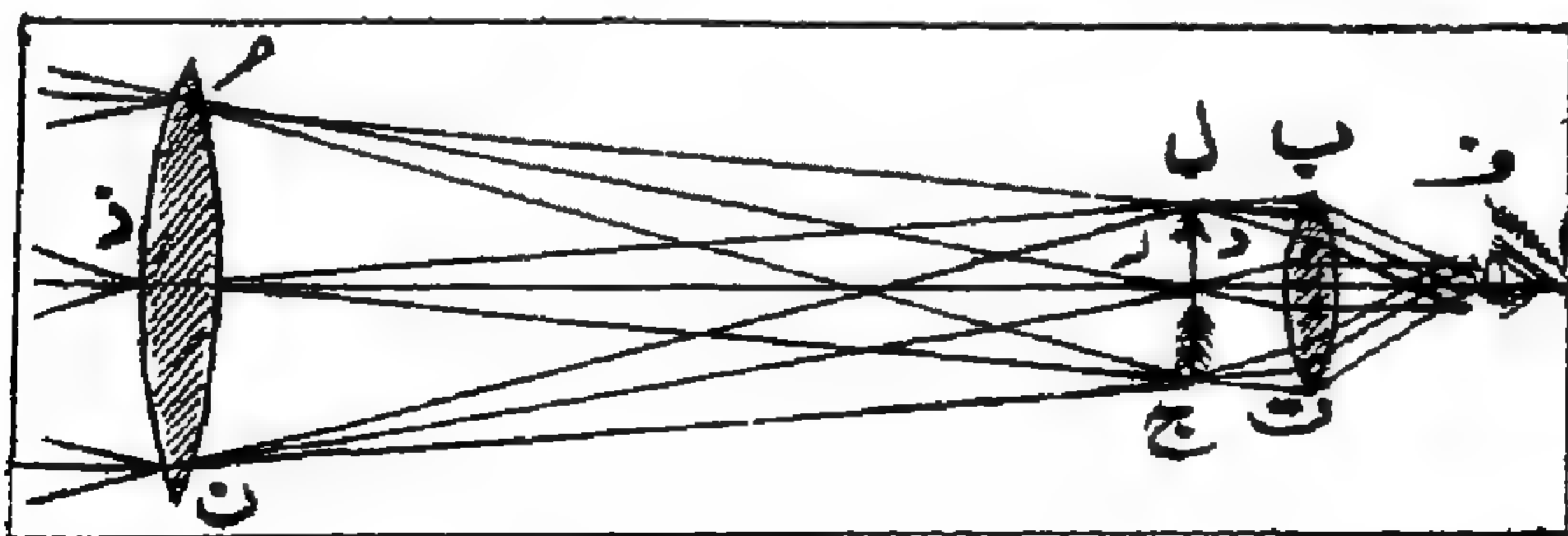
فاذا اكبر الميكروسكوب قطر الشيم مائة مرة او مئتين الخ . قيل
ان قوته مائة قطرا ومائتان الخ . والشيم الذي يكبر قطره مائة
مرة يكبر سطحه ١٠٠٠ الى ١٠٠٠٠ مرة ويصلح الخطاء الكروى من الميكروسكوب المركب يجعل
بلورة الشيم منه صغيرة جداً .

د ٢٣١١ اختراع الميكروسكوب و منافعه . انه لم يخترع الى غرة القرن السابع عشر فظهر
مجهول وربما لم يكن له مخترع واحد بل بلغ ما هو عليه الآن تدريجاً . واما منافعه فوجد
به اكتشف علماء النبات النسيج الخوى في النبات ودوران العصافيه و فطيرة اورق

وبه اكتشف علماء الحيوان اكتشافات جمة منها ان في القطرة من الماء الرأكد الوفاؤن
من الحيوانات المتعددة الاصناف والالوان وان العين مؤلف من نبات القطر كما تالف
الغاية من القصب . وله اعتبار عظيم عند الذين يتعاطون بالاقمشة فانهم يميزون به
نسيجها ويعرفون صميمه من فاسدة وخالصة من مغشوشه . ويسمى ما لا يرى الا
بالميكروسكوب ميكروسكوبيًا .

(٣١٢) التلسكوب . هي نوعان كاسرة وعاكسة والفرق بينهما ان
الكاسرة يكون للشبح فيها بلورة محدبة والعاكسة يكون فيها مرآة مقعرة
والظاهر ان التلسكوب كشتت اتفاقا كثيرا من المكتشفات العظيمة . يروى ان اولاد
رجل فلمنكي كانوا ينظرون بعد سياة الى برج كنيسة امامهم فاتفق ان ولدًا منهم
وضع عدسته محدبة في مقعرة ونظروا بها الى علم الرمح على البرج فزروه كبرًا وقربًا منه
فاخبروا والده مندهشًا فاعاد والده ذلك مرارًا ثم وضع عدستين في انبوبين ينزل
احدهما في الآخر فصنع التلسكوب ثم قام غليلو الفلكي لشهيره ستمل التلسكوب
في رصد الاجرام السماوية فشاع استعمالها في رصد النجوم .

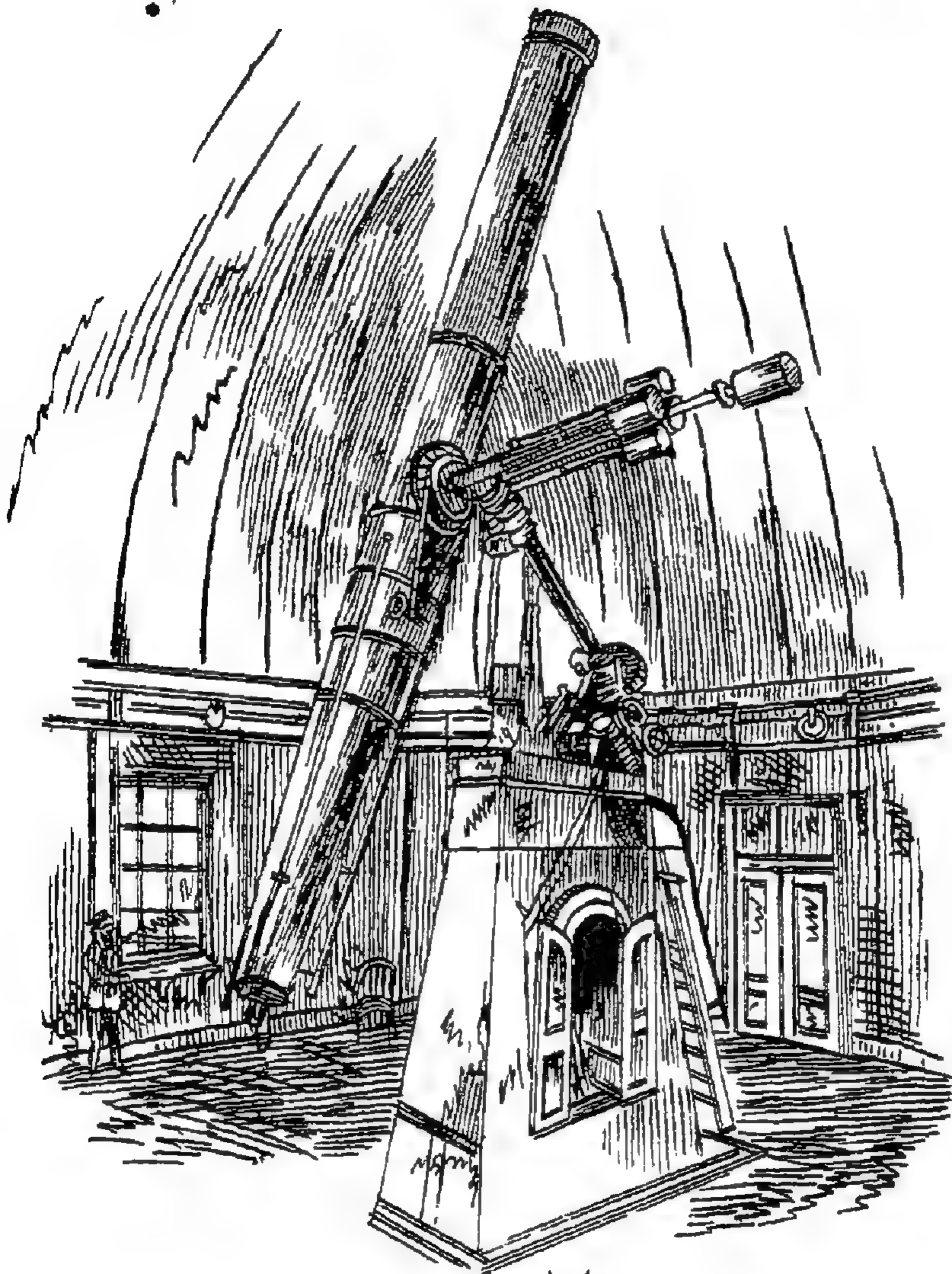
(٣١٣) التلسكوب الكاسرة الفلكية . هذه ابسط انواع النظارة الكاسرة اخص
اجزائها بلورة الشبح من الشكل ١٩٠ . وبلورة العين ب ت . فالاولى ترسم صورة
الجرم السماوي مقلوبة وصغيرة مثل ج . والثانية تكبر الصورة بقدر ما يراد وتالف
من اكثر من بلورة واحدة في النظارات القوية .



الشكل ١٩٠

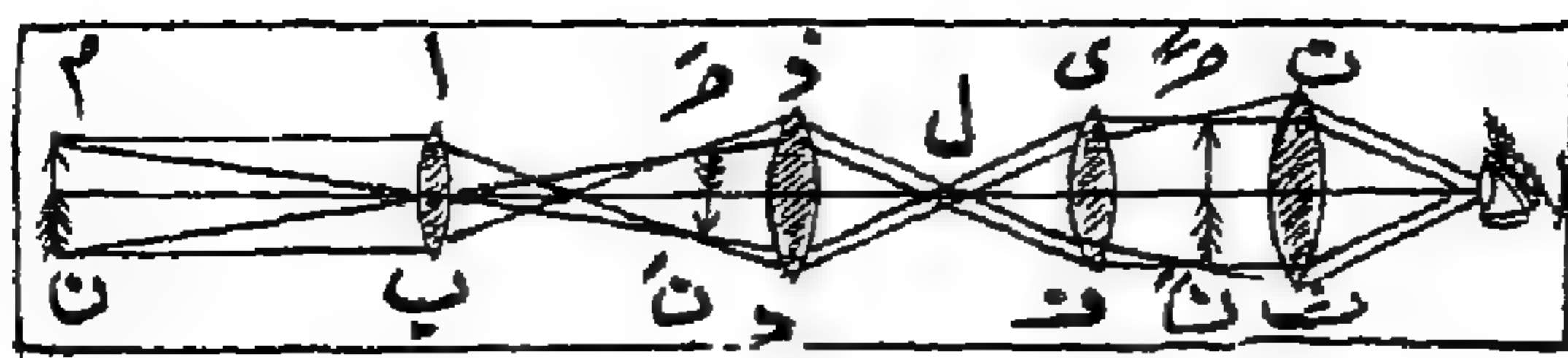
كلما زاد قطر الدائرة لحرف بلورة الشبح زاد النور على صورته وامكن ان يزداد تكبيرها

وتكبيرها يزداد كلما قلَّ تحَدَّب بلورة الشيء وزاد تحَدَّب بلورة العين. ويتوقف وضوح الصورة على خلوص البلورة من الخطأ الكروي واللوني وعلى اتقان تحتها وصقلها وكونها متساوية الكثافة في كل أجزائها. ولذلك تزداد صعوبة اتقان البلورة بزيادة كبرها. ترى في الشكل ١٩١ صورة النظارة الكاسرة في دشتون قطر بلورة الشيء فيها ٣٠ قيراطا.



الشكل ١٩١

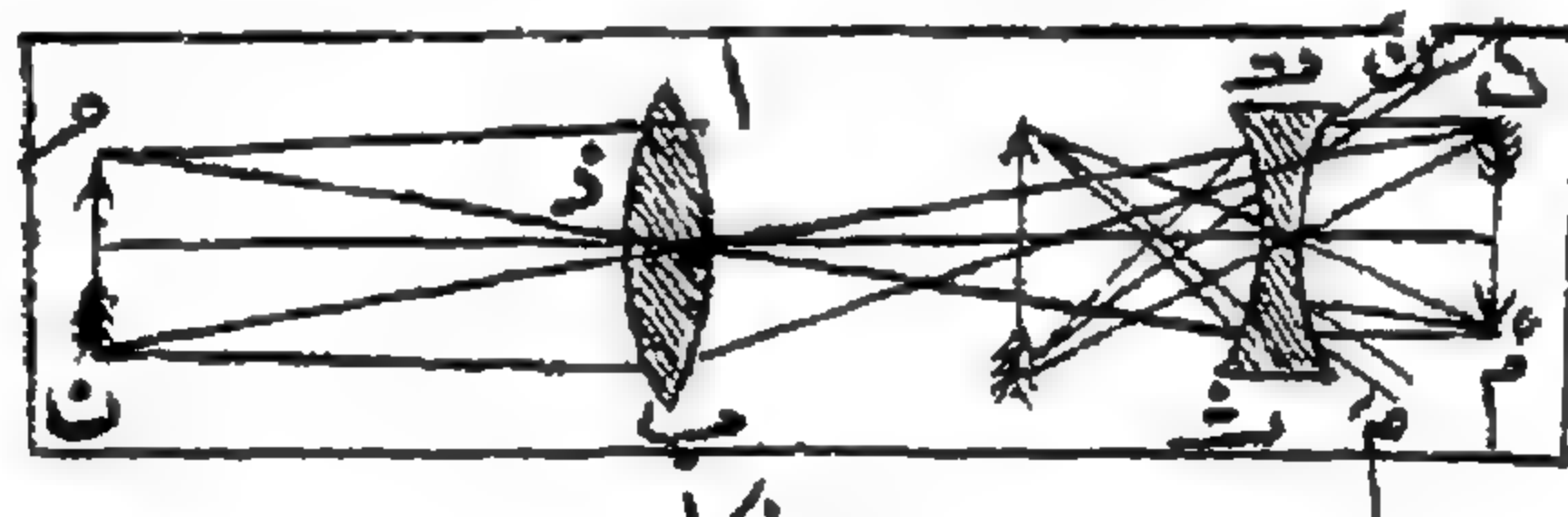
(٣١٢) التلسكوب الكاسرة الأرضية. لا فرق بين التلسكوب الفلكية والأرضية في المبدأ ولكنهما لا يبالون في الفلكية يكون الصورة مقلوبة أو مقومة إذا الكواكب كرات والكرات لا يستقر منظر صورها مقلوبة كانت أو مقومة فلذلك يقتصرون فيها على بلورة الشيء وبلورة العين فراد من كثرة التركيب وصعوبة الاتقان. وأما في الأرضية فيقتضى أن تكون الأشياء مقومة ولا تلتبس رؤيتها على الناظر ولذلك يزداد فيها بلورات أخرى بين بلورتى الشيء والعين



الشكل ١٩٢

تري صورة اجزاء التلسكوب الارضية في الشكل ١٩٢ م ن الشبح و اب بلورته و م ن صورته مقلوبة و ذ بلورة العين الاولى وهي تجمع الاشعة عند ل . و لو وضعت العين عند ل بدأت الصورة مقلوبة كما في التلسكوب الفلكية . ولكن بلورة العين الثانية ي ف ترد هذه الصورة المقلوبة مقبوضة مثل م ن . و ت ث بلورة العين الثالثة تجمع اشعة هذه الصورة المقبوضة في بورة حيث توضع العين فتراها مكبرة .

(٣١٥) تلسكوب غليليو لا فرق بينها وبين التلسكوب الفلكية الا بكون بلورة العين فيها عدسية مقعرة . ويتضمّن تفصيلها من الشكل ١٩٣ م ن الشبح و اب بلورته مزدوجة التحديق و ت ث بلورة العين مزدوجة التقعير . فلو كانت بلورة الشبح وحدها

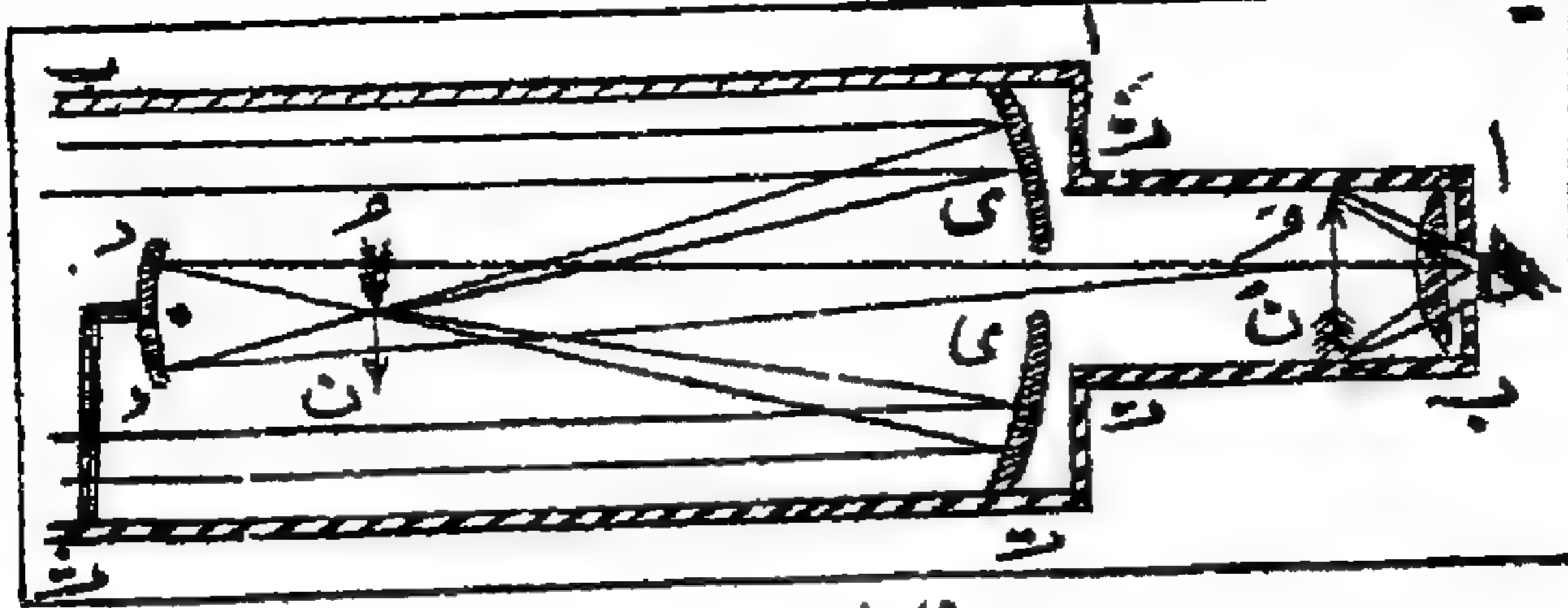


الشكل ١٩٣

رسمت صورته مقلوبة في بورتها كما ترى عند م ن الشكل ١٩٢ و اما هنا فقبل ان تصل اشعه الى بورتها تقع على البورة المزدوجة التقعير فتفزع بها كما ترى عند م ن فتراها العين مقبوضة مكبرة كالسهم بين البورة المحدبة و البورة المقعرة في الشكل .

ولهذه النظارة مزية بصورها فيسهل حملها و يكونها لا تمتص من النور الا قليلا لقلة عدساتها . ولكنها لا تكشف من ساحة النظر الا بقعة صغيرة لان الاشعة النافذة ببلورة العين تنفزع كثيرا فلا يدخل العين منها الا الوسطى . ولذلك كان اكبر استعمالها في رؤية الاشياء الارضية ولا سيما في المراسم .

(٣١٤) التلسكوب العاكس - التلسكوب العاكس أقدم عهداً من الكاسرة وأكثرها أنواعاً وأشهر أنواعها أربعة تلسكوب كريكي وتلسكوب نيوتن وتلسكوب هرشل وتلسكوب كسرين .



الشكل ١٩٣

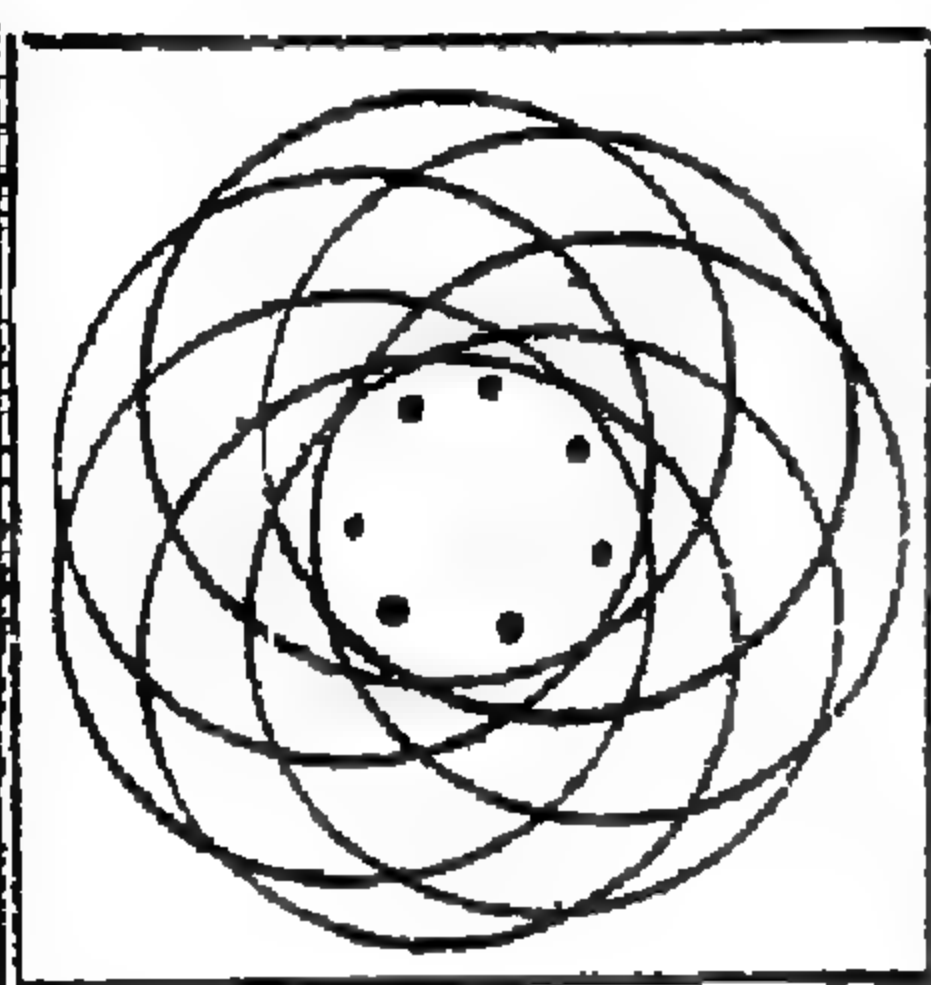
تري تفصيل تلسكوب كريكي في الشكل ١٩٣: ي ي مرآة الشيخ مقعرة ومنقوبة من وسطها وبعد وقوع الأشعة من النجم عليها تنكس وترسم له صورة مقلوبة م من عند بؤرتها الرئيسية . وبعد أن تتقاطع عند هذه الصورة تقع على المرآة د د . وبؤرة هذه المرآة أقرب إليها من الصورة م من ولذلك تنكس الأشعة عنها وترسم م صورة مقلوبة بالنسبة إلى م م ومقومة بالنسبة إلى الشيخ بعد من مركز تقعر المرآة د د عدد ٢٤٦ وذلك بعد ما تمر من ثقب المرآة ي ي . فنكبر العين هذه الصورة بواسطة البؤرة أ ب والشائع الآن في الاستعمال نظارة نيوتن . وفيها تكون مرآة الشيخ غير منقوبة فتعكس الأشعة عنها إلى مرآة أخرى صغيرة موضوعة مائلة مقابلها بحيث تنكس الأشعة إلى بؤرة في جنب انبوبة مرآة الشيخ . وفي هذه الأنبوبة بؤرة العين مؤلفة من عدة بلورات فنكبر بها العين الصورة . هذا وكانوا قديماً يصنعون المرايا من المعدن ولصعوبة تغيرها على ما يراد كانوا يملون استعمالها حتى اكتشف العلامة فوكول طريقة بسيطة لتفويض الزجاج مع بقاء سطحه صفيلاً فتسهل اصطناع المرايا من الزجاج وتفضيضا وشاع استعمالها وأكبر نظارة عاكسة نظارة اللورد دص قطر مرآتها ست أقدام وبعد البؤرة عن المرآة فيها ٥٣ قدماً ووزن المرآة نحو ١٦ قنطاراً .

(٣١٥) فائدة التلسكوب - كلما بعدت المرئيات عن العين قل وضوحها لان نورها يقل بزيادة مربع بعدها فبؤرة الشيخ والمرآة المقعرة لا شعاع سطحها يتجمع من النور

أكثر كثيرا مما يجمعه يؤبوا العين وبلورة العين تكبر صورة الشئ التي ترسمها بلورة الشئ
أو المرأة المقعرة فتشتر العين الأشياء البعيدة بها كأنها قريبة منها.

(٣١٨) دخول النور من ثقب إذا دخل ضوء الشمس من ثقب صغير
في حائط غرفة مظلمة صنع للشمس صورة مقلوبة مستديرة على الحائط
المقابل مهما كان شكل ذلك الثقب.

أما سبب انقلاب الصورة فهو تقاطع الأشعة في الثقب. وأما سبب استدارتها



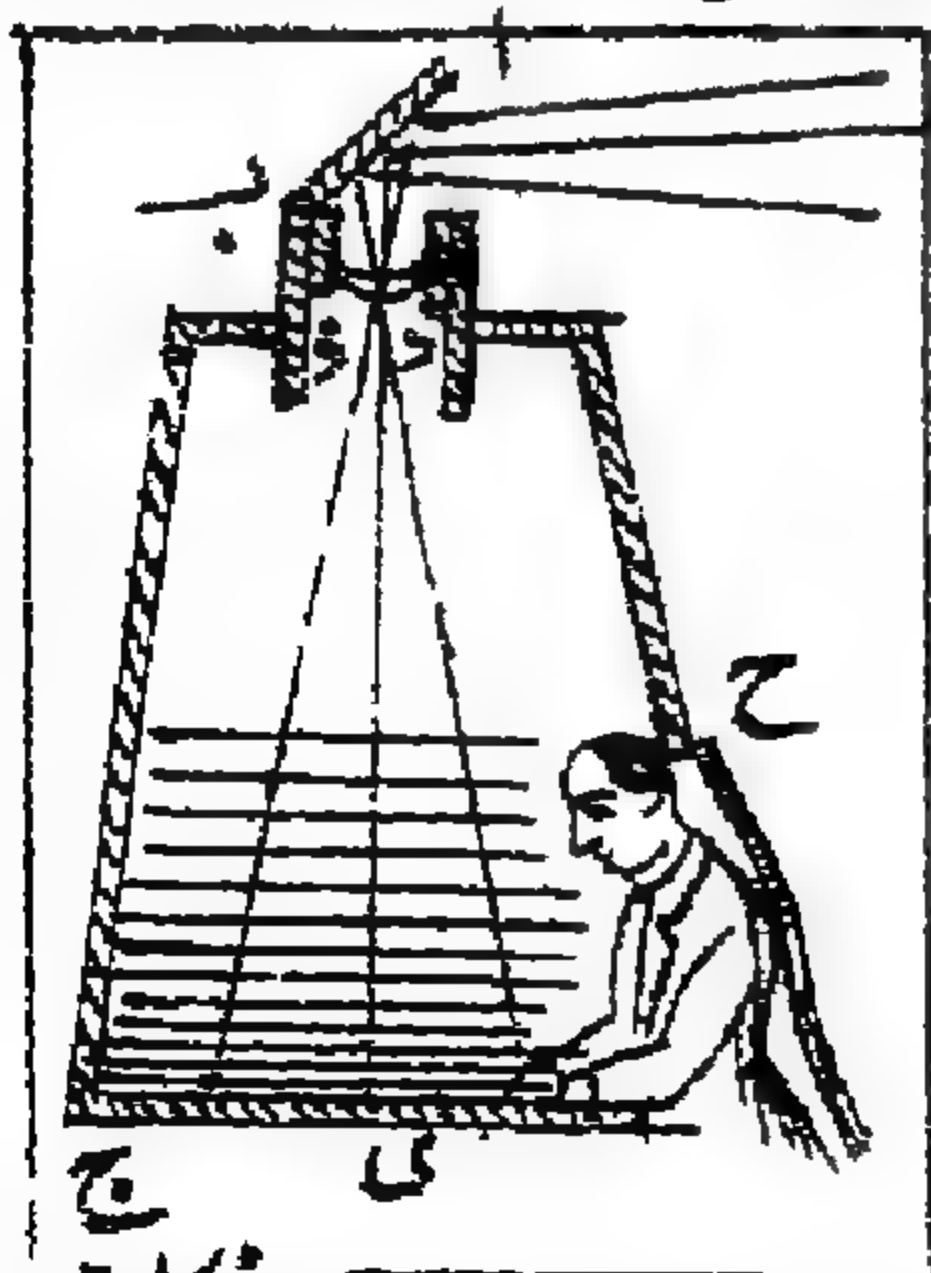
الشكل ١٩٥

فهو لأنه إن كان الثقب مستديراً فالصورة تكون بالضرورة
مستديرة وإن كان غير مستدير فهو بمنزلة ثقب مستديرة عليه
جداً مجتمعة معاً في ذلك الشكل. فكل ثقب منها يصنع صورة
مستديرة ومن اختلاط هذه الصور العديدة بعضها ببعض
تحصل صورة واحدة مستديرة تحدها خطوط منجية لا تحيط

كما ترى في الشكل ١٩٥. وعلى ذلك تقع صور الشمس مستديرة على الأرض بمروء شعاعها من
خلال أوراق الأشجار.

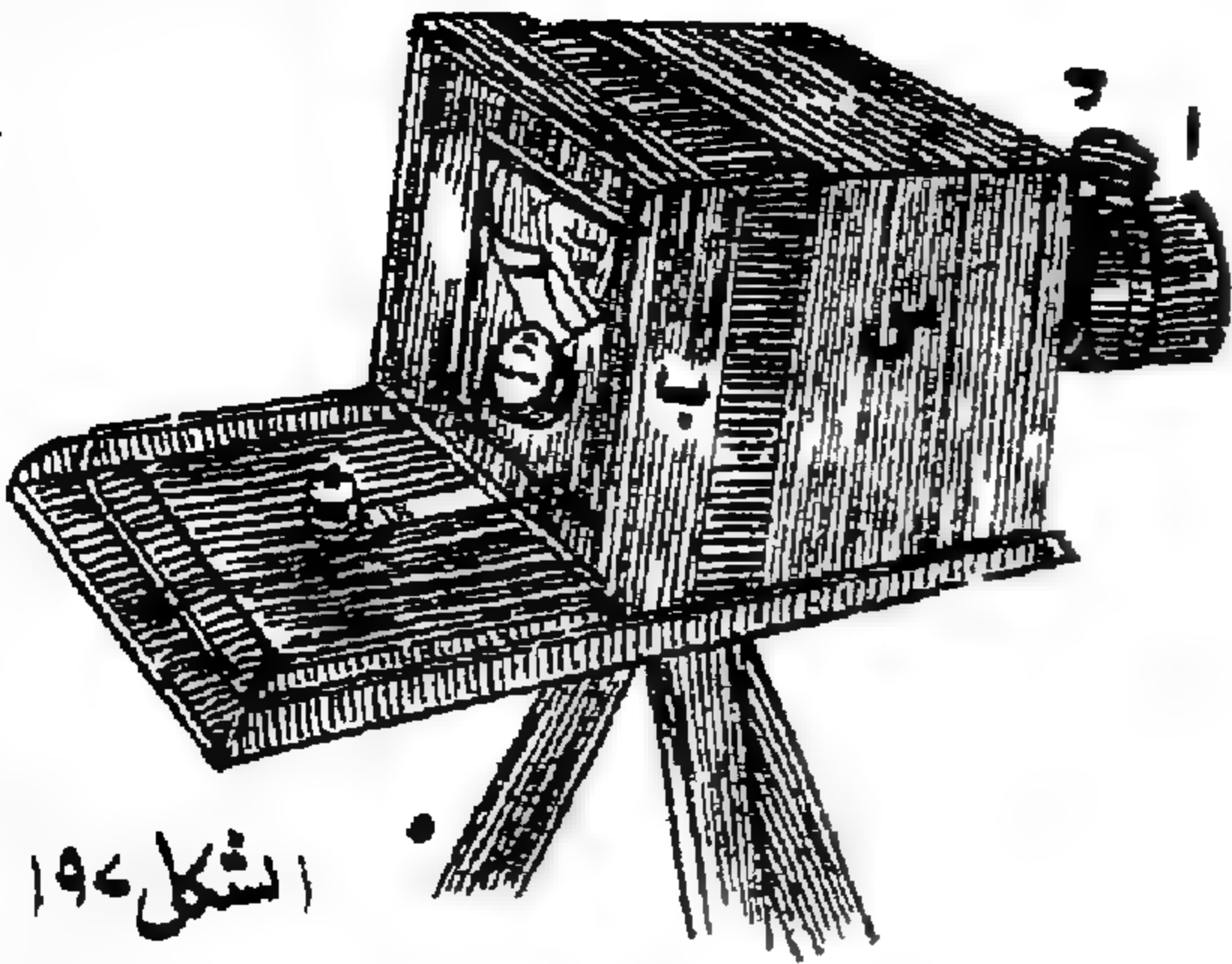
غير أن الصورة لا تكون مستديرة إلا إذا كان الثقب صغيراً والحاجز الذي تصنع الصورة
عليه موازياً له وبعيداً عنه فإن لم يكن موازياً لمظهرت الصورة اهليلجية وإن كان قريباً
منه ظهرت على شكل الثقب وكذلك إن كان الثقب كبيراً.

(٣١٩) الخزانة المظلمة إذا ثقبنا جدار خزانة مظلمة ثقباً صغيراً فكل شئ يعكس
النور عنه ويدخل من ذلك الثقب تظهر صورته مقلوبة على الجدار المقابل ومولدة



الشكل ١٩٦

بكل الوانها مهما كان شكل الثقب. وإذا وضعت عدسة
مزدوجة التحديق في الثقب ووضع حاجز أبيض في
بؤرتها زادت الصورة جلاءً عليه حتى أنها إذا قامت
استغنى بالنظر إليها عن النظر إلى أشياحها وأمكن الإنسان
أن يرسمها على الحاجز ولو جهل الرسم والتصوير

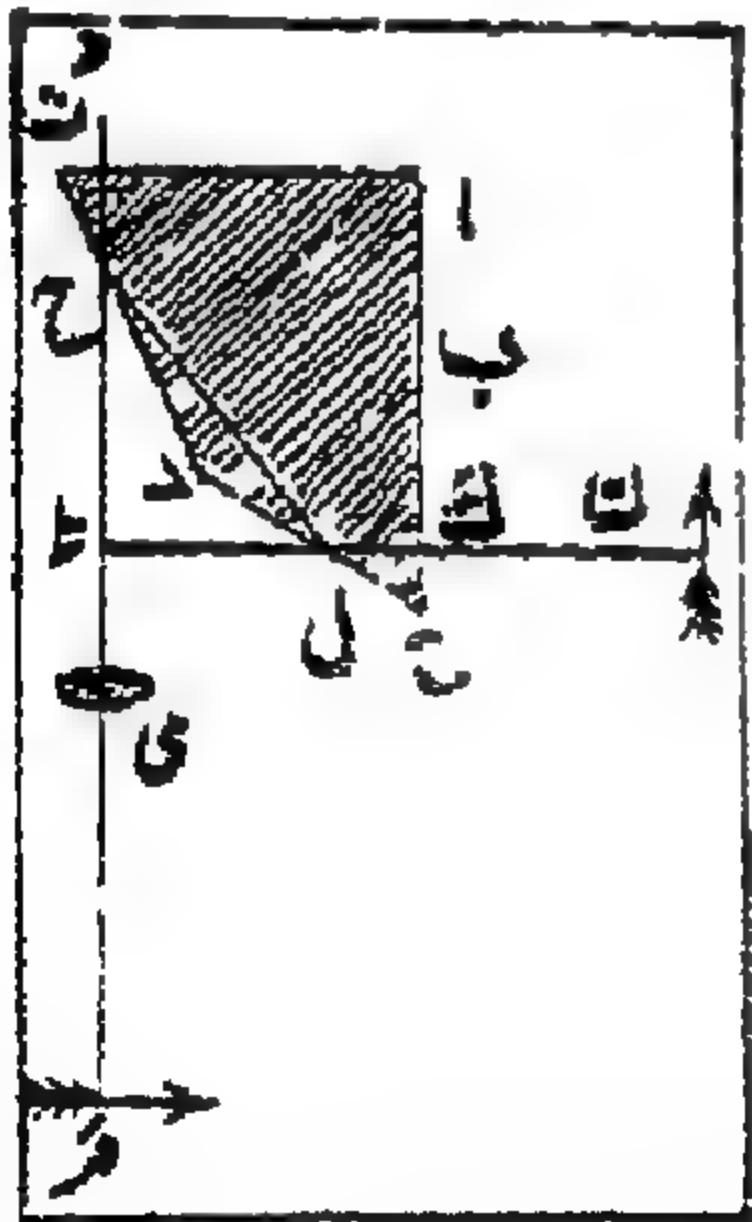


الشكل ١٩٤

وتقوم هذه الصورة كما يأتي: توضع
المرآة المستوية اب (الشكل ١٩٦) تجاه
الأشياء فتعكس صورها على العدسية
د ذ وهذه تلقىها مقبولة امام من
يريد رسمها.

(٢٢٠) الفولوغرافيا التصوير بالنور ويكون ذلك بواسطة الخزنة المظلمة
على ما يأتي: يثبت الشخص مقابل العدسية المزودة بالعدس (الشكل ١٩٤) فتقع
صورته مقلوبة على لوح من الزجاج في براديب يوضع جدار الخزنة المظلمة
س. ويدبر المصور لوبيا تقع بؤرة العدسية على لوح الزجاج وتنبجى الصورة ثم يبدل
اللوح بلوح آخر مخفى بمزيج كيمائى تؤثر فيه الأشعة الكيماوية من ضوء الشمس فتصور
صورة الشخص عليه وتسمى صورته هذه السلبية ثم تنقل عنه الى الورق فتقوم وتسمى
الاجابية.

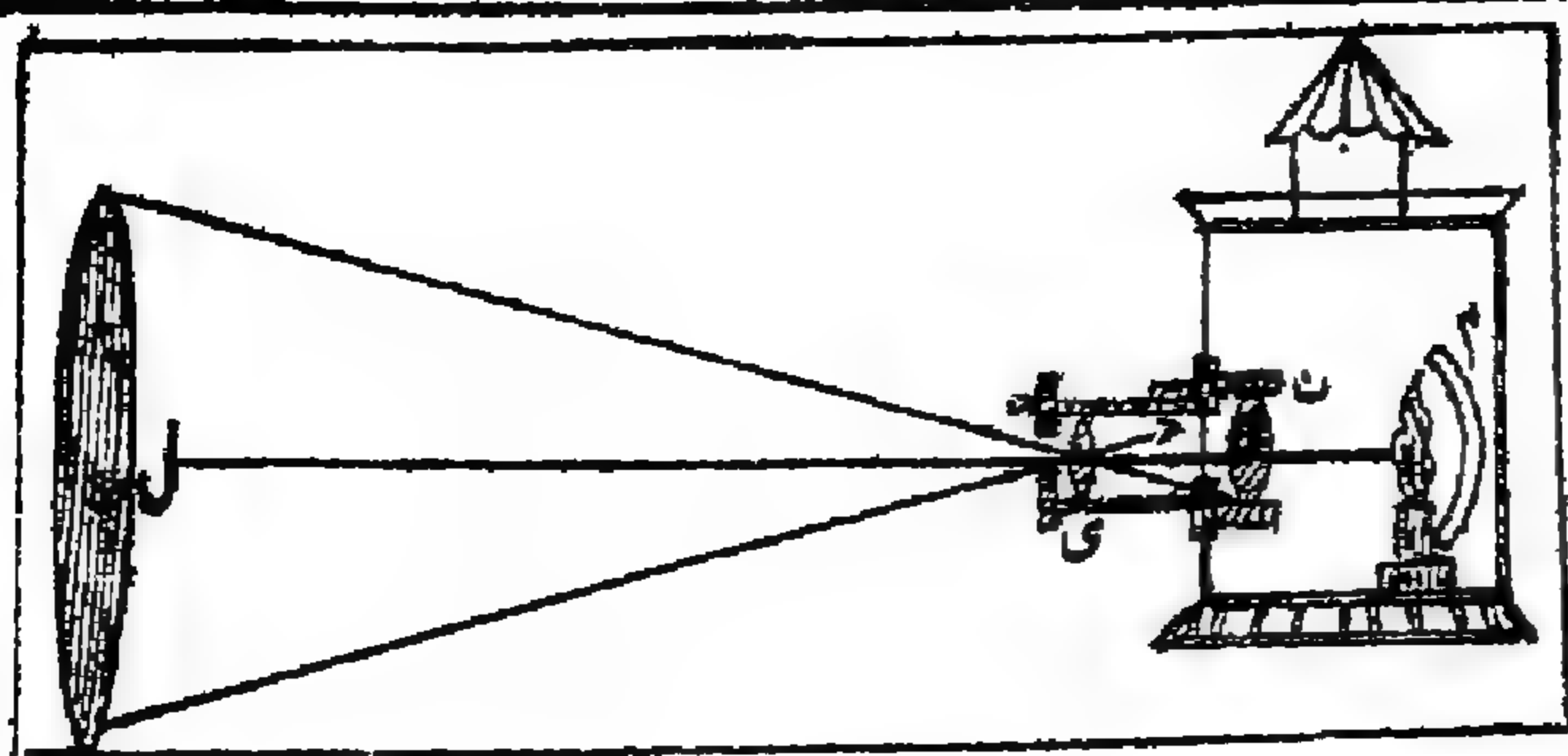
(٢٢١) الخزنة النيرة: هذه ايضا تستعمل لرسم الصور الطبيعية اجزاؤها



الشكل ١٩٨

الجوهرية منشور ذو اربعة اجناب زوايا لا مصنوعة
على شكل ان الشعاع الافقية ن ل (الشكل ١٩٨) متى
وقعت من الشجر على السطح ج ذ تنعكس عنه من ل الى
ح فى السطح ذ ت ثم من ح الى السطح ا ت فتقذف كما ترى
عند د. فتوضع العين عند د فترى صورته عند م.
واذا وضع هذا المنشور بحيث تنفذ الأشعة وتقع

على العين وهي عند الزاوية ت رأت العين الصورة والحاجز الملقاة عليه فترسمها على
(٢٢٢) الفانوس السحري: هو آلة ترى الصور المرسومة على جسم شفاف مكبرة
وهو مؤلف من علب فيها مرآة مقعرة صقيلة (الشكل ١٩٩) تعكس شعاع النور الذى
قد امها على العدسية ن وهذه تكفى على الصورة د التى توضع مقلوبة قدامها



الشكل ١٩٩

مرسومة على لوح من الزجاج. فنكبر العدسية صورة هذه الصورة وتلقها على الزجاج في بورتها المنضمة فتظهر واضحة مكبرة.

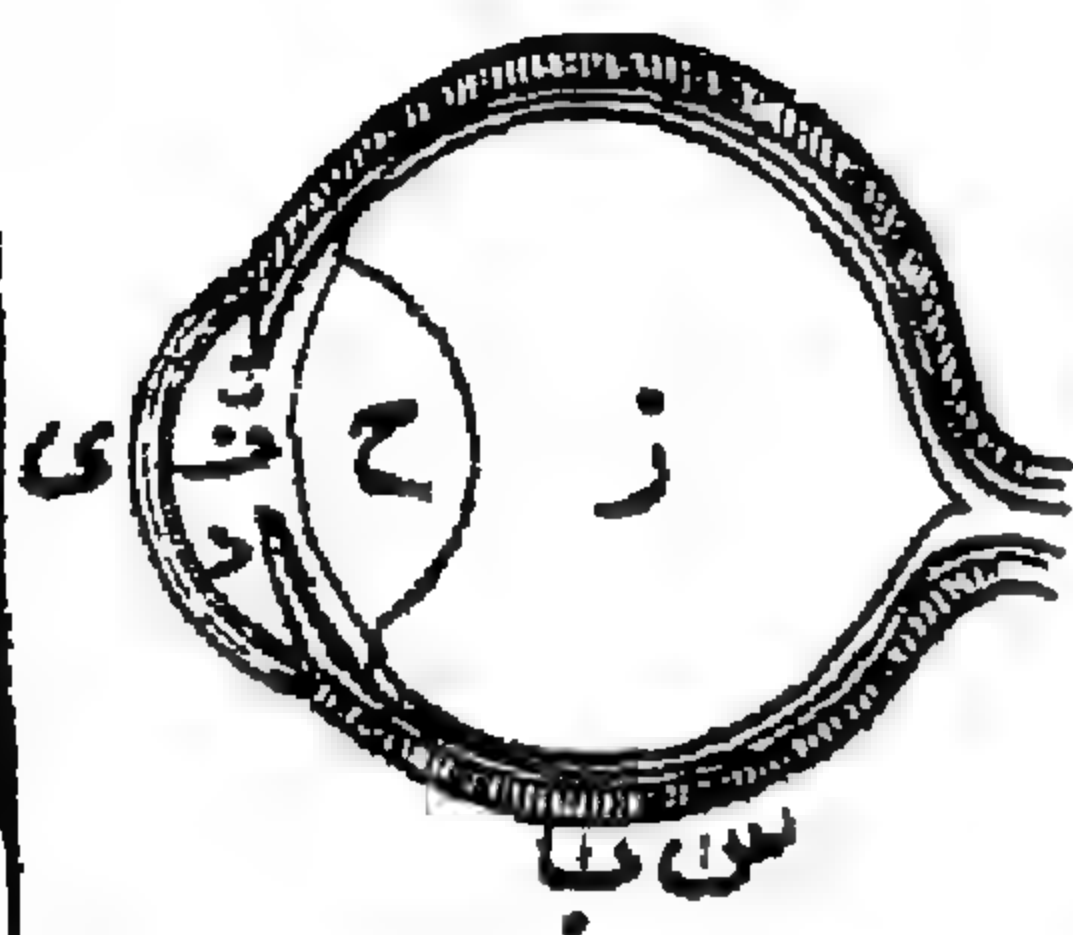
اخترع الفانوس السحري يسوعى اسم كيرش هذا نحو مائتي سنة وقد تفنوا كثير فيه فتمت له نوع تحريك في العدسية تقرب تارة الى اللوح المصور وتكبر صورته وتبعد عنه اخرى فتصغرها فاذا كان المصور عليه هيكلًا من العظام وكبرت صورته وصغرت بان تقدم وتقترب الفانوس وتعيدة عن الستار المبسوط امامه خال لناظر ان الهيكل يقترب منه ويتبعد عنه كأنه حي وهذا ما يسمونه بالفتنة السحرية اي مجتمعة الاخيلة وقد يستعملون فانوسين سحريين معًا وليضعون فيهما صورتين لشخص واحد في حالين من احواله كصورة بركان ينفث الدخان من فوهته نهارًا وصورة ينفث النار والحجم ليلا فيظهرون صورة الإله ثم يغلون عليها ويظهرون صورة الثانية فيمال

الناظر انه يراى البركان على اختلاف مناظره ليلا ونهارًا وعلى تقدم يظهر من اقرب طالع بعد غروب الشمس والبحرها عجبا بعد اسكون والجو مضطربا بعد الصحو وهذه الآلة تسمى باليدوية اي المتعددة المناظر.

الفصل الثامن

في العين والبصر

(٣٢٣) العين هي العين التي هي النفس لا بصار المرئيات. وهي اكل الاكلات البصرية



الشكل ٣٠٠

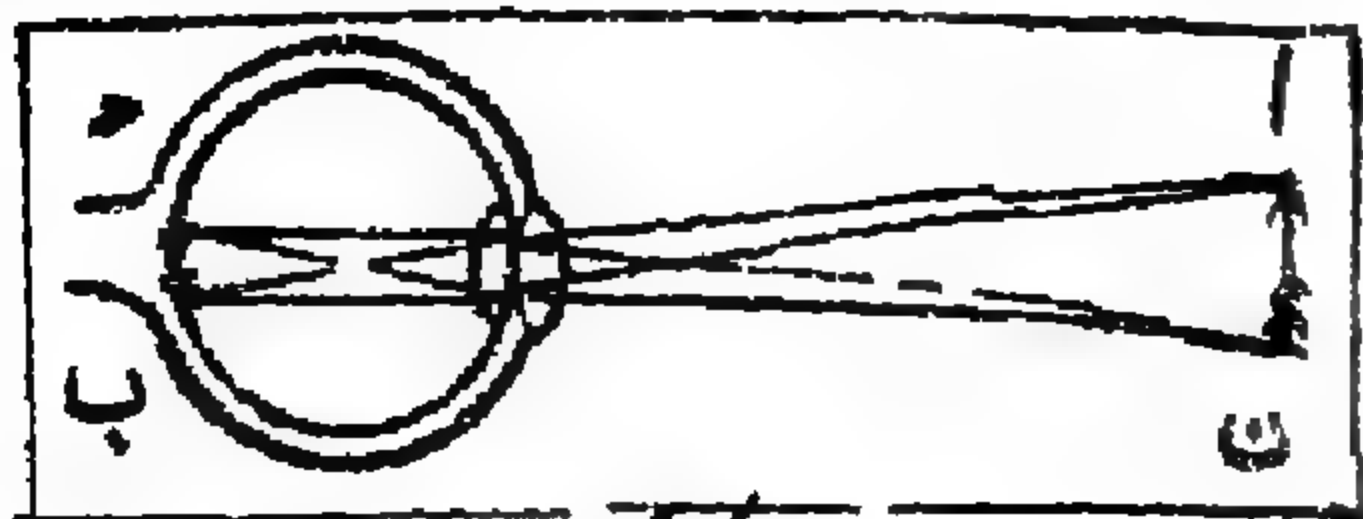
انما نالها فلما يعثر بها الخطاء الكروية واللتوي ولا نها
تعمل نفسها بنفسها لبعث المرئيات حلياً. وتستقطب النور
اذا مرت عليه وهي موضوعة في تجويف من العظم
يسمى الوقب ومؤلفة من ثلاث طبقات وثلاث رطوبات
فالطبقات اولها الصلبة (الشكل ٣٠٠) وهي غشاء

ابيض متين ظليل يحيط بالعين في الطبقات الا ان في مقدمة مقبلة شفافة هي كزجاج الساعة
في شكلها ونازل فيه كما تنزل زجاجة الساعة في حلقها. وهذا القطعة تسمى القرنية.
وثانيها المشيمية ب وهي ناعمة كالخجل سوداء اللون تلتصق بالورق وتوسط بين الصلبة
والشبيكية. وثالثها الشبيكية س وهي مكونة من انبساط العصب البصري الذي ينشأ
من الدماغ ويدخل العين من مؤخرها.

والرطوبات اولها المائية وهي سائل صاف شفاف موضوع في غرفة ف وراء القرنية
ويحد هذه الغرفة من دراهمها جأب د ومثقوب من مركزة ويسمى القرنية وهذه
لونها في البعض اسود وفي البعض اذرق وفي البعض اشهل الى غير ذلك. ويسمى الثقب
الذي في وسطها البؤبؤ. وثانيها البلورية ح وهي جسم لدن ابيض شفاف كالعدسية
المزدوجة المتحدية ومؤلفة كالصلة من طبقات متراكمة. وهي اكثف في الوسط منها
على الجوانب فتزيد قوتها في الوسط على تكسير النور فيزول منها الخطاء الكروية وموضوعة
وراء القرنية. وثالثها الرطوبة الزجاجية وهي جسم شفاف لزج كليا من البيض

التي وتشغل ما بقي من الخلاء وراء البلورية داخل العين.

(٣٢٧) ارشام الصور على العين: العين الشبيهة بمخزن المظلمة بعد (٣١٩) قبولها



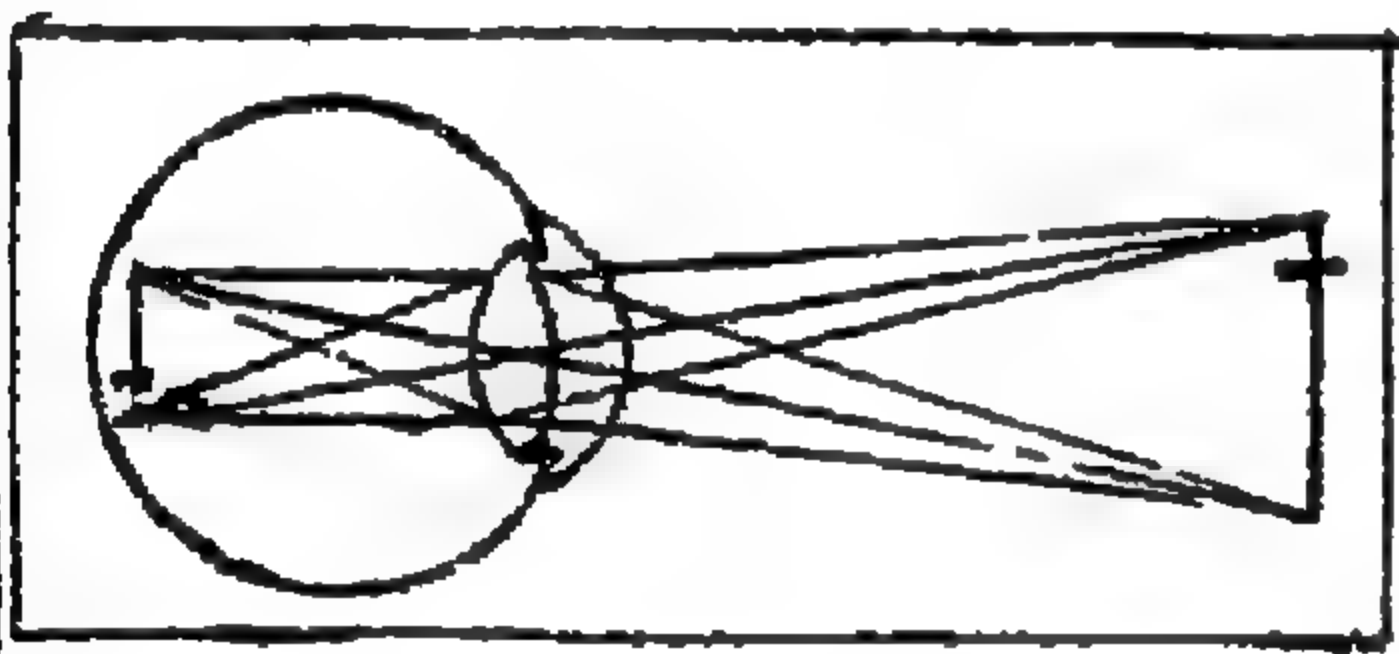
الشكل ٢٠١

بمنزلة الثقب وبلوريتها بمنزلة العدسية في الثقب وشبكيتها بمنزلة الحاجز الذي تلقى الصور عليه. نفرض في (الشكل ٢٠١)

شبح وقعت اشعاع منه على العين. فتتكسر أولاً في القرنية ثم في الرطوبة المائية ثم في البلورية كثيراً ثم في الزجاجية وتقع على الطبقة الشبكية فتتسبب الصورة مقلوبة عليها. وهذه تنتقل تأثيراً فيها إلى العصب البصري والعصب البصري ينقله إلى الدماغ فيشعر العقل بالصورة. وعليه يلزم ان نرى الاشياء مقلوبة والواقع اننا نراها مقومة وقد اختلفوا في سبب ذلك ولعل ان العقل لا ينظر إلى الصورة بل ينظر إلى الشبح بواسطة الصورة فيردا عليها إلى اسافلها واسافلها إلى عاليه فيردا مقوماً. ولما كانت المشيمية سوداء اللون فهي تمتص النور فلا يشوش الصورة بالانعكاس من جهة إلى جهة داخل العين (٣٢٥) احكام العين وحد البصر الجلي: قد مر في العدسية المزدوجة التحديق انه كلما قرب الشبح منها بعدت بورتها المنضمة عنها فبعدت صورته وكلما بعد عنها قربت صورته منها بعدد ٢٠ فلو كانت العين تبقى على تحديق واحد لما كانت الصورة تقع تأثرة على الشبكية وتأثرة امامها وتأثرة وراءها حسب قرب المرات من العين وبعد ها عنها وكان الناظر لا يرى الاشياء جلية ما لم تقع على بعد معلوم من دبرها في ما عدا ذلك مشوشة غير جلية. والواقع انه يراها جلية على ابعاد متفاوتة لان العين تحكم نفسها بحيث تبجل لها الصورة في القرب وفي البعد. ودليله انك اذا ادمت النظر إلى شبح قريب ثم حولته بفتة إلى شبح بعيد رأيتك اولا غير جلي ثم تبجل بعد قليل. وما ذلك الا لان عينك تحكم نفسها بقدر ما يلزم لوقوع الصورة على الشبكية. والمتفق عليه ان ذلك الاحكام يكون بان العين تزيد تحديق البلورية في النظر إلى البعد وتقلله في النظر إلى القرب بحيث تقع بورتها على الشبكية في الحالين.

عبرانه وان كانت العين ترى الاشياء جلية على بعد متفاوتة فانها تراها على اجلاها
اذا وقعت على بعد معين منها وتستقل جلاها كلما بعدت عنه ولذلك يسمى هذا البعد
حد البصر الجلي وهو يختلف بحسب ليعون والمقادير ان يكون ما بين ١٠ و ٢٠ اقيراطا اذا كان
الشبح صغيرا كالكتابة الصغيرة الحروف .

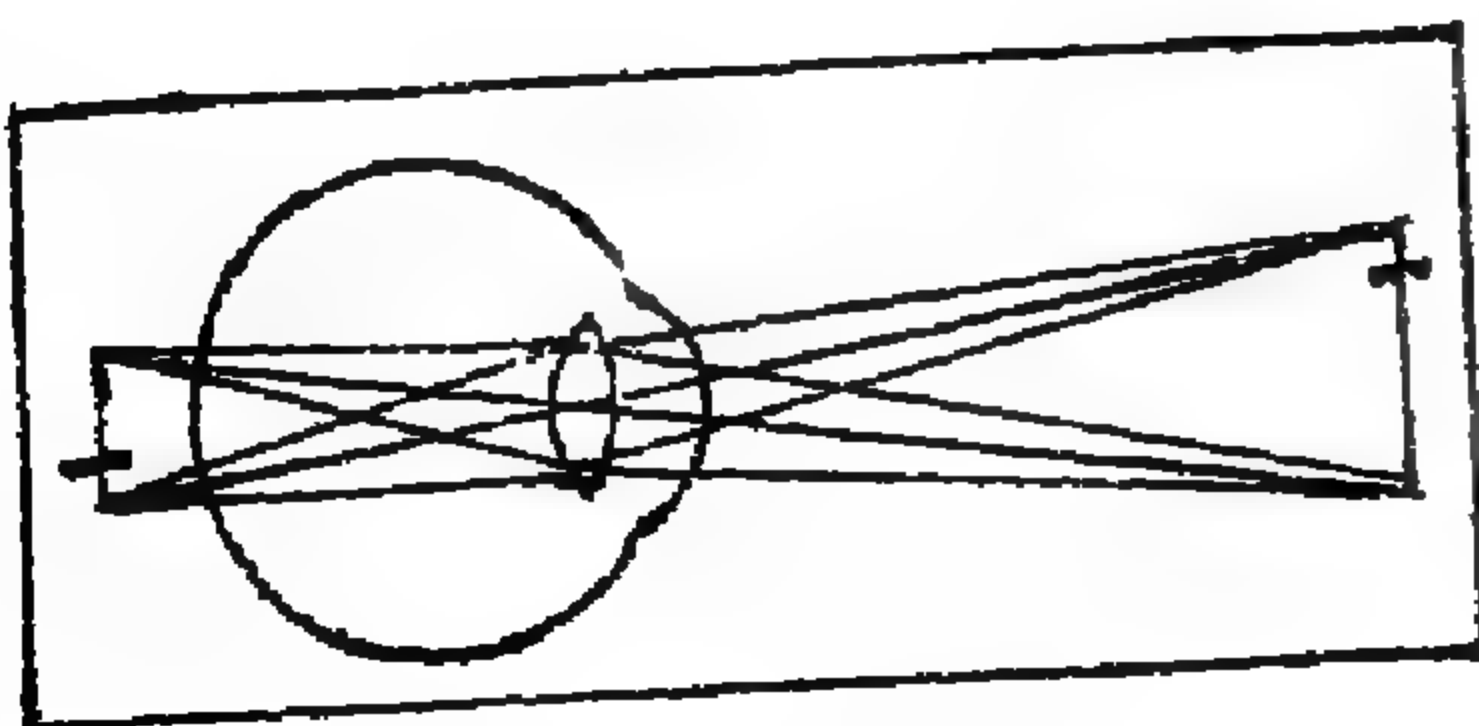
(٢٢٢) قصر البصر وطوله اما الذي لا يتجلى له تلك الكتابة على هذا البعد بل على
اقرب منه فيقال انه قصير البصر (ميوپ) واما الذي لا يتجلى له تلك الكتابة الا على البعد
منه فيقال انه طويل البصر او مطروح (پرسيوڤ) فقصر البصر يحصل من زيادة التقارب
في القرنية والبلورية . ولذلك اذا انكسرت اشعة شبح فيها لم تجتمع في بؤرة على شبكية نفسها
بل امامها كما ترى ارتسام صورة الصليب في الشكل ٢٠٢ فتكون غير واضحة على الشبكية . فاذا
قرب الشبح من العين اذ ذاك بعدت البؤرة عن البلورية ووقعت على شبكية فانبجست
صورته . وهذا هو السبب في كون القصير البصر يستجلى الاشياء عن اقرب من العاد البصر



الشكل ٢٠٢

الجلي وكذلك يستجليها ولو لم تقرب منه اذا
خازر جفنيه اى قرب بينهما او اذا نظر
اليها من ثقب صغير لانه حينئذ تقل اشعاع
الداخل الى العين ويمر اكثرها في مركز البلورة
فلا يكثر كثيرا بالانكسار ولذلك تبعد البؤرة التي يجتمع فيها وتقع على شبكية ويكثر
قصر البصر في الاحداث ولكنهم كلما كبروا قل تحارب عيونهم حتى ان بصرهم يصطلم غالبا
عند تاخر بصر غيرهم .

وطول البصر يحدث من تسطح البلورية بعكس قصر البصر فالاشعة التي تنفذ ما تجتمع



الشكل ٢٠٣

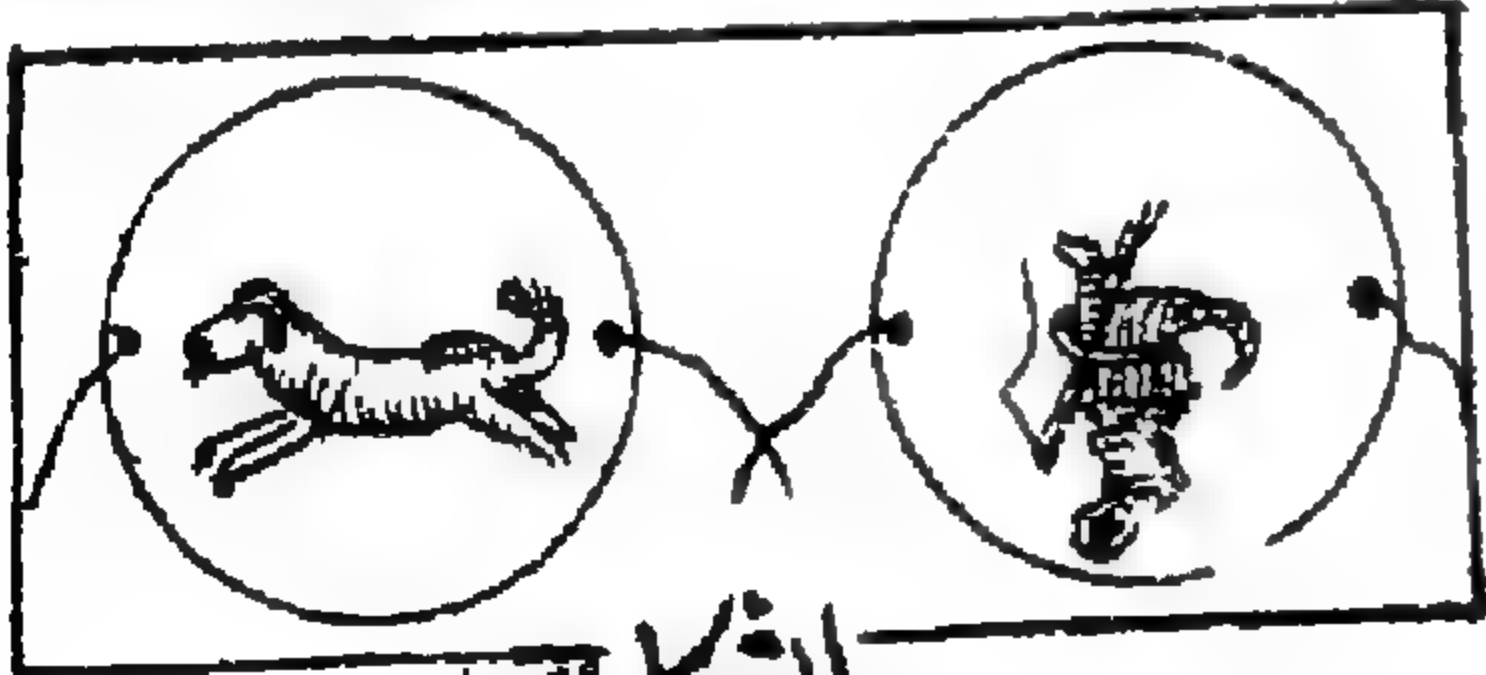
والوقت في بؤرة وراء الشبكية كما ترى في
ارتسام صورة الصليب في الشكل ٢٠٣ ولذلك
لا ترى لها العين صورة جلية الا اذا بعدت
الاشياء عنها حتى تصير بؤرة الاشعة تقع على

شبكة. وهذا هو السبب في عدم انجلاء الصور في القرب المطويل البصر وهذه العلة
تكثر في الشيخ لان البلورية تقسو فيهم وتقل مرونتها فتسطح على تمام الايام.

ويصلح قصر البصر وضع عدسات (عويئات) مقعرة امام العين فتفرج الاشعة
قبل وقوعها على العين حتى النها حتى نفذت البلورية تلقى على الشبكة وذلك بشرط ان
يكون تفرج العدسة للاشعة بقدر زيادة عقدب البلورية. ويصلح طول البصر وضع
عدسات محدبة امام العين فتضم الاشعة قبل انكسارها في البلورية وتجعل موقفة فوق
على الشبكة بشرط ان يكون ضمها للاشعة بقدر زيادة تسطح البلورية.

(٣٢٤) بقاء الاثر على الشبكة :- ان الصورة التي ترسم على لشبكة لا تزول عنها
حال زوال الشئ من امام العين بل تبقى نحو ثمن الثانية بعد زواله. ولذلك يظهر الدواب
سائراً اذا زادت سرعة حركته. وتخط جذوة النار دائرة كاملة من النور اذا ادبرت
بسرعة. ويخط البرق خطاً متصلاً في الجو والشهب خطوطاً بيضاء في السماء. فان هذه
كلها تتحرك بسرعة عظيمة فلا تزول اثار صورتها الواحدة عن العين حتى يكون قد خفي
اليه اثار صورتها الثانية فتصل الصور بعضها ببعض وتري العين الحذوة متلاحقة
من النار كما هي.

وعلى ما تقدم اخترعت العاين شتى يقال لها ثؤثر بيا راي اداة عجيبة
منها ان يقطع قرص من الكرتون وترسم صورة رجل على وجهه وصورة كلب



على الوجه الآخر ترى صورتين بطين
في الشكل (٣٠٣) ثم يربط خيط بجانب من
القرص وخيط آخر بجانب المقابل له

ويبداد القرص بسرعة حتى تظهر الصورة الواحدة وراء الاخرى. فاذا تعاقبت الصور
على العين بسرعة عظيمة اتصلت اثارها على لشبكة فيظهر الرجل والكلب معا والرجل
على ظهر الكلب. وكما ان الاثر يبقى على العين برهة بعد زوال الشئ للثؤثر فكذلك

لأن تأثير العين حالاً بل بعد برهة من وقوع النور عليها من الشيء الموثر فإذا دارد ولا بد من عوارض دورانا زائداً المرعة لم تعد العين ترى العوارض لأنها تزول من أمامها قبلها يؤثر نورها فيها.

(٣٢٨) الأشعاع قلنا ان العين تصلح لخطأ الكروي رعد ٣٢٣ ولكنها لا تصلح تماماً بل اذا وقع الضوء عليها من جسم منير استنارت اجزاء الشبكية المجاورة للأجزاء التي ترسم صورة الجسم عليها فيرى الناظر الجسم أكبر مما هو. ولذلك يظهر لهيب القنديل الأكبر مما هو والقسم المنير من الهلال وسع من القسم المظلم منه حال كون القسمين من قرص واحد.

(٣٢٩) العمى للوني من العيون ما لا يرى بعض الألوان كما ان من الأذان ما لا يسمع بعض الأصوات. وهذا النقص يقال له العمى للوني. ذكرنا في تورتشيل (ن ضابطا من البحرية) اشتراكاً رسمياً سترتها زرقاء وصدريتها حمراء مما سبب انهما من لون واحد وان خياطاً رقع صدرية من الحرير الاسود برقعة قرمزية اللون وآخر كعب طوقاً احمر على جبة زرقاء وكان العلامة دلتان لا يرى الا الأزرق والاصفر من الطيف الشمسي. فاتفق ان قلما من شمع الختم الاحمر سقط من يده على العشب فلم يميز لونه من لون العشب. هذا او مذكراً لاذن اوسع من مدى العين في التأثير المحسوس فان الأذن تسمع احد عشر ديواناً من الأصوات واما العين فلا ترى اكثر من ديوان واحد من الألوان.

(٣٣٠) صفوا الصور في العين. ان قطر العين اقصر من قيراط وضع ذلك يرسم على شبكية صورة ارض واسعة بكل ما فيها من الجبال والوهاد والسهول والصحور والمياه والاشجار والابنية والحيوانات مستوفيه التفاصيل. فكان الشبكية شاطئاً

(بقية صفحة ٢٠) الى جسم احمر مثلاً لم تعد عينه تثرى باللون الاحمر. فاذا حول نظره حينئذ الى جسم ابيض لم ير اللون الاحمر من الواتة السبعة بل يرى منه اى يرى الجسم الابيض اخضر وذلك يوضح ما قيل رعد ٢٢٨٩.

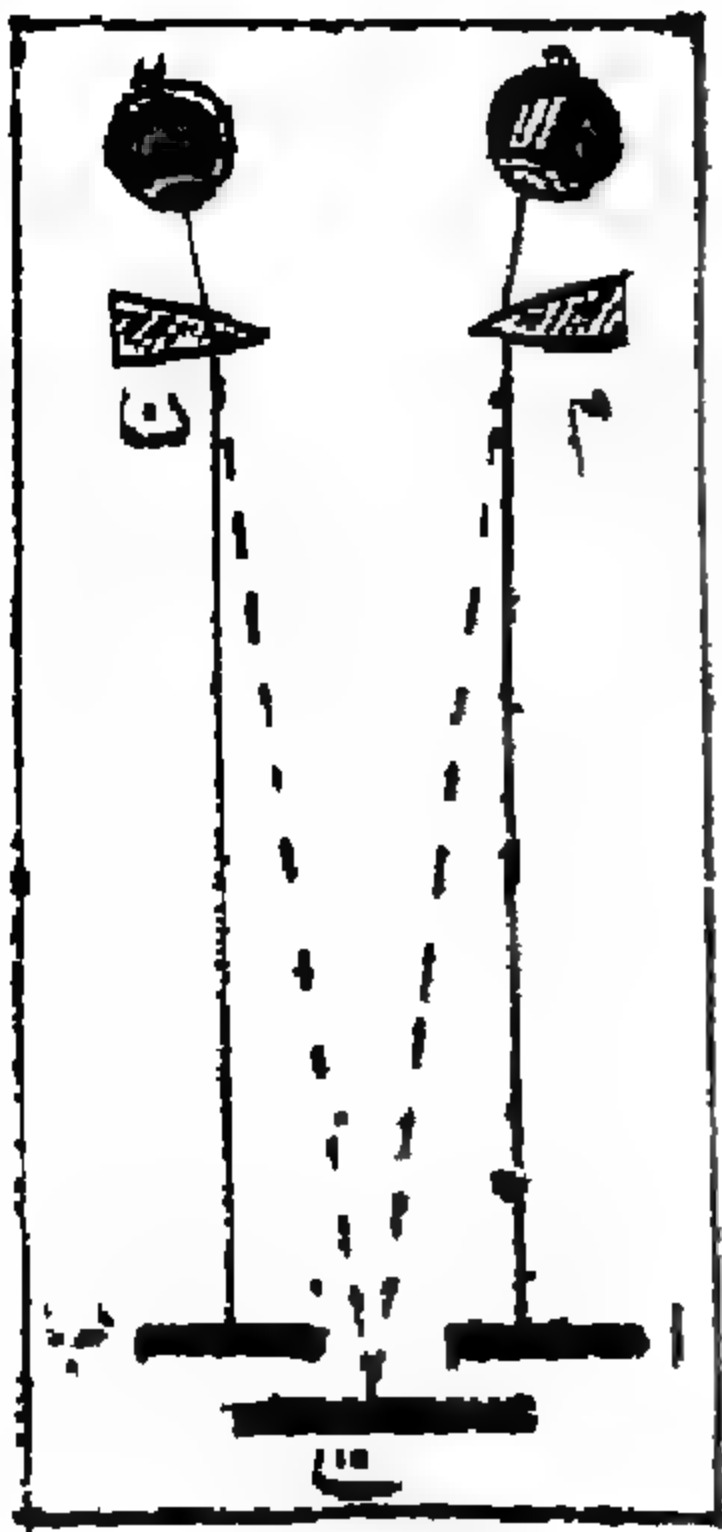
وامواج النور تجري اليه من كل النواحي وتغوص عنده الوت الوف على الوف الا وف
هذا ونحن نعجب لجمال ذلك المنظر ونعقل عن عجائب هذا الشعر.

(٣٣١) البصريا لعينين : اذا اتجهت العينان الى شجر واحد ارتسمت له صورة
على شبكية كل منهما ومع ذلك فالناظر يراه مفردا لا مزدوجا . وقد اختلفوا كثيرا
في تعليل ذلك ولعل تعليله ان الشبكتين مثل فروعين كبيرين متفرعين على اصل
واحد وكل جزء من هذا الاصل مهما صغر يتفرع فروعين احدهما يذهب الى الفرع
الواحد والاخر الى الفرع الآخر . فاذا اتجهت العينان الى لشجر اتجاها واحدا ارتسمت
صورته على الاجزاء الموافقة من الشبكتين ونقلت الشبكية الواحدة تاثير صورتها
الى نفس الاصل الذي تنقل الشبكية الاخرى تاثير صورتها اليه فيرى العقل الصوري
صورة مفردة . ولا فرق بين ان يرى الانسان المريآت بعين واحدة او بعينين
بان العينين تؤديان الى العقل صورة اوضح من التي توحيها العين الواحدة وتجهن
المريآت كما سيأتي في اسدير ليكوب وذلك لا يكون بالعين الواحدة في الغالب .

واعلم ان العقل لا يرى الشجر مفردا بل يترجمه العينان معا اليه . وبالاخرى ما لم
يتجه محورهما البصريان (١) اليه فاذا اتجهت احدهما اليه ولم يتجه الاخرى مثلها
ظهر الشجر مزدوجا كما يحدث في الحول وكما يحدث ايضا اذا ضغط الانسان مقلة
واحدة حتى لا تتحرك كالآخرى فانه يرى الجسم جبين وكل شجر يظهر لعينين فردا
الاما اتجهتا اليه . فاذا وضعت اصبعك بينك وبين القديل ووجهت عينيك
الى القديل رأيتاه مفردا ورأيت اصبعك مزدوجا .

(٣٣٢) اسدير ليكوب : اسدير ليكوب كلمة مركبة من لفظتين يونانيتين
معناها الشعور بالتجسوس . وهو آلة ترى بعض الصور المسطحة مجسمة اخترعها
هويستون وحسنه بروستر . ويأانه : ان العينين اذا نظرنا الى شئ مسطح كالصورة

(١) اذا كانت العين سالمة فمحورها البصري خط مستقيم يمر مركز كل من البلورية والبؤبوع



على لورق رأيت كل منهما نفس ما تراه الأخرى وإما إذا نظرنا
الى جسم متعدد السطوح كالكتاب رأته العين اليمنى مختلفاً
قليلاً عما تراه اليسرى لأنها ترى من بعض جهاته ما لا تراه اليسرى
وبالعكس وبذلك يتميز لنا الجسم عما ليس بجسم.

فإذا صور شجر صورتين الواحدة كما تراها العين اليمنى
والأخرى كما تراه العين اليسرى ونظرت كل عين الى صورتها
من وراء منشور أو عدسة ظهرت صورتان صورة واحدة
مجسمة كأنها الشجر نفسه. ترى (الشكل ٢٠٥) الصورتين

الشكل ٢٠٥

أوب والعينين تنظران إليهما من وراء منشورين م ومن هذان المنشوران
منحوتان حتى أن م يكسر الشعاع الآتية من افتري العين الصورة ب عندت أيضاً
فاجتماع الصورتين في واحدة مع موافقة كل منهما لما تراه العين الناظرة إليها في
الشجر الجسم تتخذ العينان فتحسب أنهما شجراً مفرداً مجسماً.

(٣٣٣) مسائل للمترين: (١) لما إذا تكون القوس الفرعية أخفى من الأصلية والوجه
يعكس الوانها. (٢) لما إذا ترى البرئيات من وراء زاوية البيت ولا من انبوبة ملتوية
(٣) نريد أن تصور مدخلاً لدهليز مظلم في أي لون نلوّنه حتى يظهر كذلك (٤) هل
الابيض والأسود لونان والافنأهما (٥) إذا قربنا الشجر من الضوء ابيض غلظاً ما
يكبر ولما زاد (٦) كم يلزم أن يكون طول المرأة حتى تجعل طول صورة الناظر قد مر
طوله. الجواب نصف طول الناظر. (٧) في أي جهة تظهر قوس قزح صباحاً. (٨) هل
يرى كل من الناظرين نفس القوس التي يراها الآخر. (٩) لما إذا ينهر بصور يخرج
من الظلام الى النور الساطع. الجواب لا بل يوجب العين سيقبض اذا اشتد النور عليه
فيضيق ويقلل مقدار النور الداخل إليها. وينبسط في الظلام فيتسع ليدخل ما
يتسرع من النور إليها. ولذلك يخرج الانسان من الظلام ويؤو عينه متسع فيلتر النور
الداخل إليها وينهر بصرك الى ان يضيق البؤبؤ. (١٠) لما إذا يبصر المرء كبد الجواب

لان بؤبؤة مشقوق طولاً فينتسج في الظلام بقدر الحاجة (١١) لماذا لا يبصر اليوم لهاذا الجواب
لان بؤبؤة مسج جداً ولا يضيق بقدر المطلوب فتكثر اشعة الشمس على شبكية عينه فتبهر
(١٢) اذا كان نور الشمس على سيارس من نورها علينا فما بعد السيارس عن
الشمس بالنسبة الى بعد ارضنا عنها (١٣) اذا كان نور المصباح على كتاب في يدي
معلوماً وانما على بعد ست اقدام عنه فكيف ينقص اذا ابعدت عنه ست اقدام
اخرى (١٤) لماذا تظهر نقط المطر النازلة كالخيوط (١٥) لماذا يغرق لون المنشقة
اذا ابتلت بالماء (١٦) في الشجر المنظر يكون اللون ام في عقل الناظر (١٧)
لماذا تكون رغبة الصابون قليلة حال كون الهواء ومذقب الصابون شفافين
(١٨) لماذا يتبيض عقيدة الدابس اذا مطت (١٩) لماذا يصيدون الطلاء
فانما بعد ما ينشف (٢٠) لماذا يستعمل المصور بالشمس ضوء الكاف في
الغرفة المظلمة (٢١) لماذا ترسم الصورة مقلوبة على الخزانة المظلمة
(٢٢) لماذا تظهر الصورة الثانية اوضح من الاولى في الشكل (٢٣)
(٢٤) يقولون فلطمك لطمه تريك بنجوم الظهر فهل ترى
اللطمة نورا الجواب اذا كانت اللطمة على الراس
فربما هيجت العصب البصري فيتأثر كما يتأثر
بالنور فيشعر بنور ولا صوع في الخارج (٢٥)
لماذا يرى السكران الاشياء مزدوجة



الباب التاسع

في الحرارة

الفصل الأول

في ماهية الحرارة ومصادرها

(٣٣٣) حد هذه الحرارة المنيرة هي التي يشعها الجسم المنير
كحرارة حديدية أحميت حتى ابيضت. والحرارة المظلمة هي التي
يشعها الجسم المظلم كحرارة حديدية أحميت قليلاً والجسم الذي يؤثر
هو الذي تنفذ الحرارة كما ينفذ النور الجسم الشفاف كحجر المسح الذي هو
اصح الاجسام لنفوذ الحرارة. والجسم الأثقل هو ما لا يصلح لنفوذ
الحرارة والبرد لفظه اضافية يراد بها قلة الحرارة والبخار والفسان
شيئان لا يختلفان الا بكون البخار يسهل تحويله عما هو والفسان
يعسر تحويله عما هو. فبخار الماء يتحول الى غيوم بأخطأ حرارته
قليلاً وأما غاز الهواء فلا يتحول عما هو كذلك

(٣٣٥) ماهية الحرارة في ماهية الحرارة قولان أحدهما أنها مادة
والآخر أنها حركة. فأصحاب القول الأول يذهبون إلى أن الحرارة سائل
لطيف يتخلل قائق الأجسام كما يتخلل الماء الحصى في مسيل من الماء. فإذا
طرق الجسم حتى تقترب دقائقه بعضها إلى بعض خرجت الحرارة من مكانها
الماء من الخرقية إذا انحصرت. ويرسمون أن سوائل الحرارة هذه إذا احاطت
بدقائق الأجسام دفعت بعضها بعضاً وابتعدت الدقائق بعضها عن بعض
فتضاد بذلك قوة جاذبية الملائكة (عدهم) وانها إذا دخلت إلى جسدنا
شعرنا بالحرق وإذا خرجت منها شعرنا بالبرد

وأصحاب القول الثاني يذهبون إلى أن دقائق كل جسم متحركة في
على الدوام كما أن كواكب الكون متحركة في على الدوام فكلما زادت سرعتها
زادت حرارته وكلما نقصت سرعتها نقصت حرارته فزاد برده. ويمكن ذلك أن
الآثير يشعل كل حيز بين دقائق الأجسام فإذا تحركت حركتها تحركت بها
كما أن الهواء إذا هب تحركت أعضاؤه ثم تحركت به فتحصل الحرارة من حركة
دقائق الجسم ودقائق الآثير مثال ذلك إذا وضع طرف قضيب من الحديد
في النار تحركت دقائقه التي في النار تحركت عني فاصدمت التي بجانبها وهذه تقدم
التي بجانبها وهكذا حتى تنتقل الحركة على دقائق القضيب كلها من الطرف
الواحد إلى الطرف الآخر ثم إذا أمسك واحد بطرفه صدمت دقائقه
دقائق يده واتصلت إلى دقائق أعصاب الحس التي في اليد فتتحرك هذه حتى
تبلغ حركتها إلى الدماغ فتشعر النفس شعوراً مؤلماً هو ألم الحرق فيقول
المحترق أن هذا القضيب حار. وأما إذا لم يمسك بالقضيب بل أدنى يده منه
شعر بحرارة غير مؤلمة كالحرارة الأولى بل الطف منها. فهذه الحرارة حركة تنتقل

سواء يقال أن الحركة تنتقل على الأعصاب بسرعة أو قد ما في الثانية. فإذا داس رجل طوله
ست أقدام على جرة من النار لم يرفع قدمه عنها إلا بعد ثلثي الثانية تقريباً لأن هذا المكان
يقضي للنفس حتى تشعر بالحرق وتنامو الأعصاب يرفع القدم عن الجرة الحارقة :

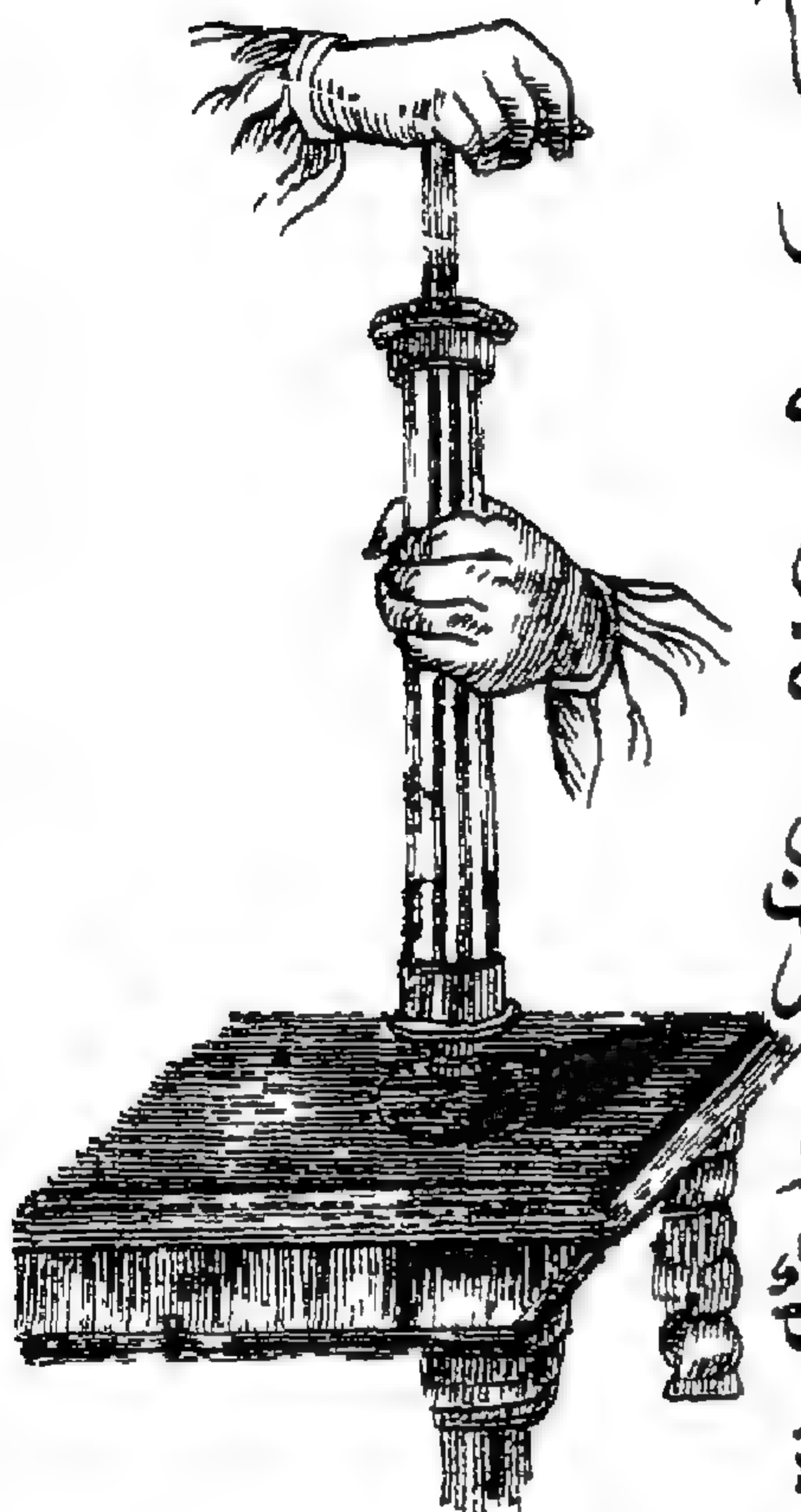
الى اعصابه ليس بتحريك القضيب لقائقه راساً بل بتحركه قائق الاثير التي حول قائق
القضيب وهن هالدا قائق يك. وهذا هو القول المعول عليه الان
(٣٣٦) علاقة الحرارة بالنور بين الحرارة والنور علاقة شديدة فتاذا
وضعت حداً باردة في النار لا تبقى مظلمة بل تصير حمراء منيرة كحذوق النار
واذا احميت شريطة من ايلاتين شعرتا ولا جوارتها المظلمة خارجة منها
ولكنك لو تركها لونا. واما متى زدت حرارتها فتنبير وتري لها اولاً لونا احمر ثم
برتقائياً متربكاً مع شمر اخضر وهكذا حتى تجتمع فيها كل الوان الطيف فتراها
بيضاء ساطعة. ومثل الحديد كل الاجسام فانها تنير على درجات معينة من
الحرارة. وغضد اعصابا تقدم من العلاقة تنعكس الحرارة وتنكسر وتستقطب كالنور
وتسير مثله في خطوط مستقيمة الى كل الجهات بالسواء وتنقص شدتها بقدر
زيادة مربع البعد كما تنقص شدته وتجرى بسرعة جريه. ولذلك يظن انهما
شيء واحد وان النور حرارة مضيئة وان كل الفرق بين اشعته واشعتها ولاشعة
الكيمائية في الطيف الشمسي هو في عدد اهتزازات قائقها. فاذا كان عدد
اهتزازات الد قائق قليلاً حصل منها الشعور بالحرارة عند وقوعها على
اعصاب الحس العام. واذا كان عدد اهتزازات الد قائق عظيم حصل منها
الشعور بالنور من اللون الاحمر الى اللون البنفسجي. واذا كان عدد اهتزازات
الد قائق اعظم فقصرت امواجها جداً حصل منها الاشعة الكيمائية
ثم ان اهتزاز الحرارة يكون على درجات شتى فان كان على ابطأ كانت الحرارة
لطيفة وان كان على اسرعه تكون لذاعة كما ان سرعة اهتزاز الهواء اذا زادت
احدثت صوتاً عالياً واذا قلت احدثت صوتاً منخفضاً (عد ٢١٣) وسرعة
اهتزاز الاثير في النور اذا زادت احدثت اللون البنفسجي واذا قلت احدثت
الاحمر (٢٨٣) فالدرجات في الحرارة بمنزلة العلو في الصوت الموسيقي
والالوان في النور.

(٣٣٤) مصادرها الحرارة في مصادرها الحرارة أي ما تنبعث منه الحرارة
ثلاثة: مصادرها طبيعية ومصادرها ميكانيكية ومصادرها كيميائية
فالمصادر الطبيعية الشمس والنجوم والأرض والكهربائية. فالشمس جسم
مشتعل منه معظم حرارتنا وقد حسبوا أن ما يصل من حرارته إلى الأرض في
سنة يكفي لتذويب طبقة من الثلج تحيط بالأرض ويمكنها أكثر من مئة قدم. ومع
ذلك فلا يصلنا إلا ١٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ من حرارتها. وقد قدرنا أن النجوم ترسل إلينا
نحو أربعة أخماس حرارة الشمس إلا أن حرارة الشمس والنجوم تنزل في
الأرض بين خمسين قدماً ومائة قدم فقط ومع ذلك فالحرارة تزداد بزيادة
العمق لأن الأرض نفسها حارة. والمظنون أن حرارتها من نيران تشغل باطنها
كله أو بعضها إما كون كهربائية الهواء مصدر للحرارة فواضح من البرق الذي
إذا أصاب الرمل أو المعادن صهرها من شدة حرارته وتولد حرارة
هذه المصادر من اهتزاز دقائقها اهتزازاً سريعاً على الدوام بتموج الاثير
فيتموج حتى يصد منها فتنتقل الحرارة إلينا

(٣٣٨) والمصادر الميكانيكية هي الاحتكاك والطرق والضغط.
فإذا احتك جسم بأخر ظهرت الحرارة من احتكاكهما. وعليه يشعل بعض
البرابرة النار بمحك حطبة بمحطبة. والآلات المتحركة تحمى بحكها بعضها على بعض
وربما انقذت إذا لم يقلل احتكاكها بالزيت والدهن. فقد ثقب فرس مدفعاً
من نحاس فتولد معه من الحرارة في ٢ ساعة ما يغلي ٢٤ ليبراً من الماء
الذي حرارته ٣٢° ف. وسبب ظهور الحرارة من الاحتكاك هو أن الاحتكاك
يزيد حركة دقائق الأجسام سرعة فتزداد حرارتها وإذا طرق الحديد حديد
حتى حتى تضيق من الحرق والبيطار قد يشعل سيارته من مسامير بطرقة بسرعة
ويقوى على سندانه نحو. إثوان فأسكاً أياً به لقط أو نحو إذا لم يتيسر له نار
لاشعالها. وإذا أصاب حافر الفرس حجراً فربما أودى ناراً لأن نضوتها تضد

الحجر فتظهر حرارة تحميه فأيضا يرمي منها حتى يضيئ. وإذا اطلقت فنبلة المدفع على غرض من الحديد اندفق النيران منه عند صدمها له. ولو صدمت أرضنا شيئا فوقفنا بغتة عن حركتها التولد من ذلك حرارة تحوّلها هي وكل ما عليها إلى بخار لأن سرعة دورانها في فلكها حول الشمس تنبت على ٨٨ ألف ميل في الساعة فإذا وقفت تحوّل كل هذه الحركة إلى حرارة. وسبب ظهور الحرارة

من الطرق هو أنه يحرك دقائق الجسم حركة سريعة جدا فيزيد حرارتها وربما زاد سرعتها حتى تخرج الأشياء موججا يحدث النور عند وقوعه على العين. وإذا ضغطت خشبة بالمكبس الساكن حبيت. وإذا وضعت صوفانة في أسفل مدك وأدخل هذا المدك في ادخلا محكما في انبوبة متينة الجدران كما ترى في الشكل ٢٠٤ انحصر الهواء الذي يشغلها وانضغط تحت المدك انضغاطا شديدا فتظهر من انضغاطه حرارة تشعل الصوفانة ولا تنقص عن ٥٠٠°



الشكل ٢٠٤

(٣٣٩) والمصادر الكيميائية هي في التركيب الكيماوي وهو عبارة عن اتحاد جسيمين بجسيم آخر مما بينهما من الألفة. وهذا الاتحاد يظهر منه حرارة على المعتاد. إلا أنه إذا كان بطيئا كحدوث الصدأ من اتحاد الحديد بالأكسجين الهواء لم يشعر بالحرارة التي تظهر حينئذ لأنها تتبدد حالما تظهر. أما إذا كان سريعا فتظهر كما في اشتعال الحطب فإن الاشتعال يحصل من اتحاد الأكسجين الذي في الهواء بالحديد ورجلين

والكربون اللذين في الوقود لان بينه وبينهما الفتح فيجمع عليهما ويحترقان
عليه ويصير طم الفريقان عند التقائهما فيقفان وتهتز ذراتهما وتهتز
الاشياء التي حولها فتتوجه امواج حراصة و امواج نوير. ومن
هذا القبيل حرارة الحيوانات فانها تحصل على ما يظن من اتحاد
الكسجين الهواء الذي تستنشق بالهيدروجين والكربون اللذين في طعامها
(٣٣٠) عدل الحرارة الميكانيكية كل ما تقدم من الامثلة
عن تحول الحركة الى حرارة لا يفقد فيه شئ من القوة. فان الحداد
الذي يطرق على السندان طريقة لا تتلاشى قوته التي طرق بها
بل تتحول الى قدر معين من الحرارة ولو امكن جبر هذا الحرارة
واستعمالها لرفعت الطريقة عن السندان الى العلق الذي
انزلتها يد الحداد منه. فلا قوة تتلاشى وانما تحول من صورة
الى اخرى

وقد وجد جول الانكليزي بتجاربه متعددة انه اذا وقع جسم ثقيل
ليبراً من علو ٢٠٠ قدماً ما تولدت من حركته وقوعه حرارة ترفع حرارة
ليبراً واحدة من الماء درجة واحدة. وبالعكس اي ان الحرارة اللازمة
لرفع حرارة ليبراً واحدة من الماء درجة واحدة ترفع جسماً ثقله ليبراً الى
علو ٢٠٠ قدماً ويسمى هذا التاموس ناموس جول او عدل الحرارة
الميكانيكية لانه يبين ما تعدله الحرارة اذا تحولت الى فتية
ميكانيكية —

الفصل الثانى

فى تغير الحرارة للأجسام

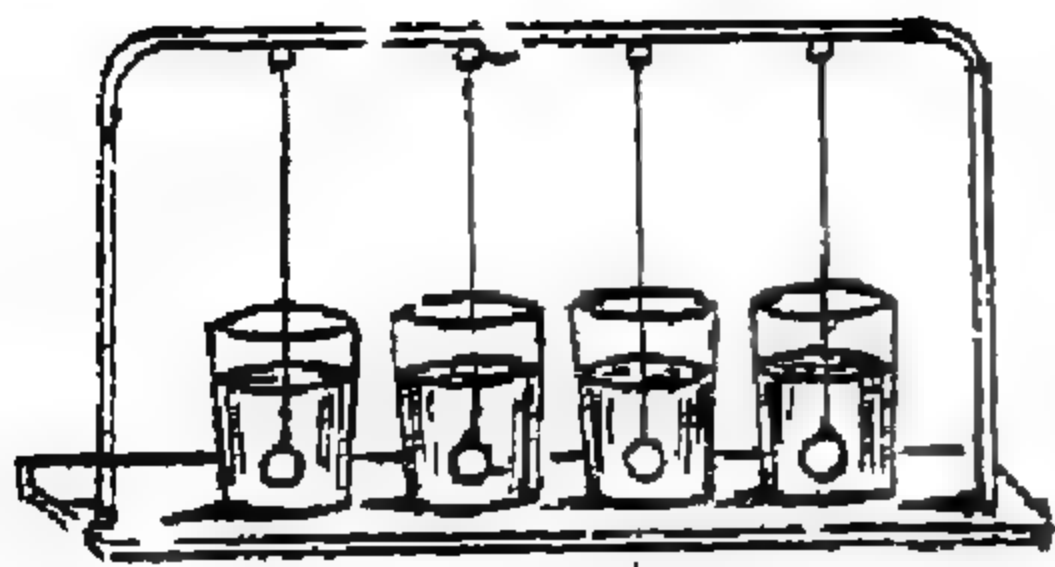
(٣٢١) الحرارة الظاهرة والمختفية والنوعية، اذ الجسم من الأجسام انقسمت قوة الحرارة الى قسمين احدهما يزيد سرعة الدقائق المولدة منها الجسم فيرفع درجة حرارته والاخر يبعد الدقائق بعضها عن بعض فيهدد اى يكبر حجمه. والاول يشعر به بحاسة اللمس ولذلك يقال له الحرارة الظاهرة والثانى يبذل فى مقاومة جاذبية الملاصقة فلا يشعر به بحاسة اللمس ولذلك يقال له الحرارة المختفية. وتأثر الأجسام تأثرا متفاوتا بكل من هذين القسمين فمنها ما يتمد كثيرا وترتفع درجة حرارته قليلا ومنها ما هو بالعكس. ولذلك اذ احميت اجسام متعددة بجملة واحدة لم يلزم ان ترتفع حرارتها الى درجة واحدة. ولا يلزم اذ كانت درجة حرارتها واحدة ان يكون مقدار الحرارة فى كل منها واحدا. فبخار الماء حرارته على درجة حرارة الساء المتكافئة ولكن يحتوى من الحرارة المختفية ما لا يحتوى به الماء الغالى ولا جسم اخر الا الحديد والبرونز الذى يحتوى اكثر منه. وبحسب الماء قياسا تقاس عليه الحرارة النوعية لباقي الأجسام. فالحرارة النوعية لكل جسم هى النسبة بين المقدار اللازم من الحرارة لرفع حرارة ثقل معين من ذلك الجسم درجة واحدة وبين المقدار

اللازم من الحرارة لرفع حرارة ذلك الثقل من الماء درجة واحدة. مثاله: الحرارة التي ترفع ليبراً من الماء درجةً واحدةً ترفع ليبراً من الزئبق ٣٣ درجة فالمقدار اللازم من الحرارة لرفع حرارة الزئبق درجة واحدة فقط هو $\frac{1}{33}$ من الحرارة اللازمة لرفع الماء كذلك فتكون حرارة الزئبق النوعية أو قابليته للحرارة ٣٣ من الواحد على فرض حرارة الماء النوعية أو قابليته للحرارة واحداً

(٣٣) استعلام الحرارة النوعية: أولاً تستعمل الحرارة النوعية للسوائل كما يأتي: احو مقداراً معيناً من السائل حتى يصير على درجة معلومة من الحرارة ثم امزجه بمقدار يساويه من الماء ولكن درجة حرارته دون درجة حرارة السائل واستعلم حرارة المزيج فتكون اذ في من حرارة السائل واعلى من حرارة الماء. ثم قل نسبة ما خسر من السائل من الحرارة بالمزج الى ما ربحه الماء بالمزج كنسبة واحد الى حرارة السائل النوعية. مثاله: احصينا اوقية من الزئبق حتى صار حرارتها على درجة ٣٢ ف. وصبناها في اوقية من الماء حرارتها على درجة ٣٢ ف. فوجدنا حرارة المزيج على درجة ٢٥، ٢٥، ٣٥ اي ان الزئبق قد خسر من حرارته ٥، ٤، ٩ والماء قد ربح على درجة حرارته ٥، ٢، ٣٥ فنقول نسبة ٥، ٤، ٩ : ٥، ٢، ٣٥ :: ١ : الى الحرارة النوعية للزئبق وهي ٣٣.

ثانياً وتستعمل الحرارة النوعية للجوامد كما يأتي: نصب كسبات متساوية من الماء البارد في كؤ س من الزجاج (الشكل ٢٠) وتؤخذ اجسام مساوية لعدد الكؤ س ومتساوية وزناً كما يراد معرفة حرارتها النوعية. ثم تغرس هذه الاجسام معاً في الماء الغالي حتى تصير حرارتها كحرارة الماء الغالي وترفع وتدلى في كؤ س الماء البارد وتترك هنيهة حتى توصل حرارتها

الى الماء. فكل جسم منها يرفع درجة حرارة الماء بحسب اذته النوعية فاذا كانت اذته النوعية متساوية رفعت حرارة الماء الى درجة واحدة والا رفعتها ارتفاعاً متفاوتاً. فالرصاص يرفعها اقل من القصدير والقصدير اقل من النحاس الاحمر وهذا اقل من الحديد. فيستعلم الفرق بين



الشكل ٢٠٤

حرارتها قبلها غمست فى الماء البارد وحرارتها بعد ما غمست فيه. وتستعلم منه حرارتها النوعية على النسبة المتقدمة فى الطريقة الاولى

اي نسبة ما يخنسج جسراً لرصاص مثلاً من الحرارة: ما يربحه الماء البارد :: ١ : الحرارة النوعية من ذلك الجسر —

(٣٣٣) بقاء الحرارة المختلفة ككلما تحوّل الجأمد الى سائل او تحوّل السائل الى غاز تحوّل الحرارة الظاهرة فيه الى حرارة مخفية. فكل من يغلى الماء او يذوب الثلج يعلم ان الماء لا يغلى والثلج لا يذوب الا بوضعها على النار او نحوها حتى تصل حرارتها اليها وتختلف فيها. ولكن هذه الحرارة لا تلاشى بل تصير حرارة ظاهرة حالما يرجع البخار سائلاً والسائل بخاراً. فاذا وضع الانسان ماءً على كفه سخن الماء بحرارة كفه وتحوّل الى بخار فيشعر الانسان

الحرارة النوعية	الحرارة النوعية	الحرارة النوعية
للماء	١٠٠٠٠	لنحاس الاحمر
للزئبق	١٠٠٠٠	للفضة
للكبريت	١٠٠٠٠	للزئبق
للماس	١٠٠٠٠	للذهب
للهديد	١٠٠٠٠	للبلاتين
للتوتيا	١٠٠٠٠	للعصا

يبرودة الماء لان حرارة كفه انتقلت اليه واختفت في بخاره. واذ انتكأ البخار على كف الانسان شعر بسخونته لان البخار المتكأف يرد كل الحرارة التي اختفت فيه الى الكف. وعلى ما تقدم يكون جمود الماء من باب التسخين وذهوب الثلج من باب التبريد خلافا لما يتوصل اليه الانسان من اول وهلة. قلنا ما تقدم هذه القاعده وهي انه اذا تحوّل جسر الى لطف منه اختفت فيه الحرارة واذ اتحوّل الى اكثف منه ظهرت منه الحرارة -

(٣٣٣) الامزجة المتجمدة ان بعض الاجسام اذا مزجت معابردت حتى تصير كالجليد على مبداء الحرارة المختفية. واشهر هذه الامزجة مزيج البوزة وهو ملح وثلج يمزجان معاً. فالملح له ميل شديد الى الماء ولذلك يذوب الثلج حتى يلاقى الماء ويذوب فيه. ولكن يذوبان الثلج والملح معاً الذي تساعده حرارة الحليب يمتص من قوتها حرارة وافرة من الحليب تختف في المذوق لما مر. ومتى قلت حرارة الحليب يبرد فيجسد ويعرف ان ذلك بالبوزة

(٣٣٤) التمدد قلنا (ع ٣٣٣) ان الحرارة تؤثر في الاجسام تأثيرين احدهما انها ترفع درجة حرارتها والثاني انها تمدد ما اى تكبر حجمها. فهذا الاخير يكون بانها تزيد حركة دقائقها سرعة فتبعد بعضها عن بعض بعد اعظم مساكات عليه ولذلك تشغل الدقائق حيزا اعظم من الذي كانت تشغله. واذ اقلت حرارتها اقتربت من بعضها البعض وشغلت حيزا اصغر. وعلى ما تقدم يقال ان الحرارة تمدد الاجسام والبرد يقلصها -

(٢٢٢) تمدد الجوامد يظهر تمدد الجوامد بالحرارة صافياً:

خذ قضيباً من الحديد ا ب (الشكل ٢٠٨) ويدخل هو على حارته
الاعتيادية في س د ويدخل قطره في الثقب ي. فإذا الحصة يمتد

طولا فلا يدخل في س د وثخناً فلا يدخل في

الثقب ي. وقد عرفنا من تمدد الجوامد

طولا وجرمها أنها تتمدّد تمدداً قياسياً

أنه كلما ارتفعت درجة حرارتها ارتفاعاً

معيناً ازداد تمددها ازدياداً معيناً أيضاً

غير أن مقدار تمددها هذا متفاوت فالتوتياً

تمدد أكثر من الحديد والحديد أكثر

من الزجاج

وطول التمدد قوة لا تقاوم فقد حسبوا أنه إذا الحصة قضيب حديد من درجة

ذوبان الحديد إلى درجة عليان الماء تمدد وضغط ما بضغطه يعادل ضغط ١٠٠٠

ثقل من ثقله ثم إذا برد تقلص بتلك القوة عينها. وسبب ذلك واضح لأن القوة التي

يتمدد بها الجسم غير أطافي الطول تعادل قوة تمطه غير أطافي وقد استعملت قوة التمدد

والتقلص في كثير من الأعمال من ذلك أن أطراف الدواليب يركبونها لحماية عليها حتى

أنها متى بردت تقلص فتثبت بها تشبثاً متيناً. والمسامير التي يسمرون بها

خلاقين البخار يضعونها لحماية حمراء حتى تقلص بعد ذلك وتربط أجزاء الخلاقين

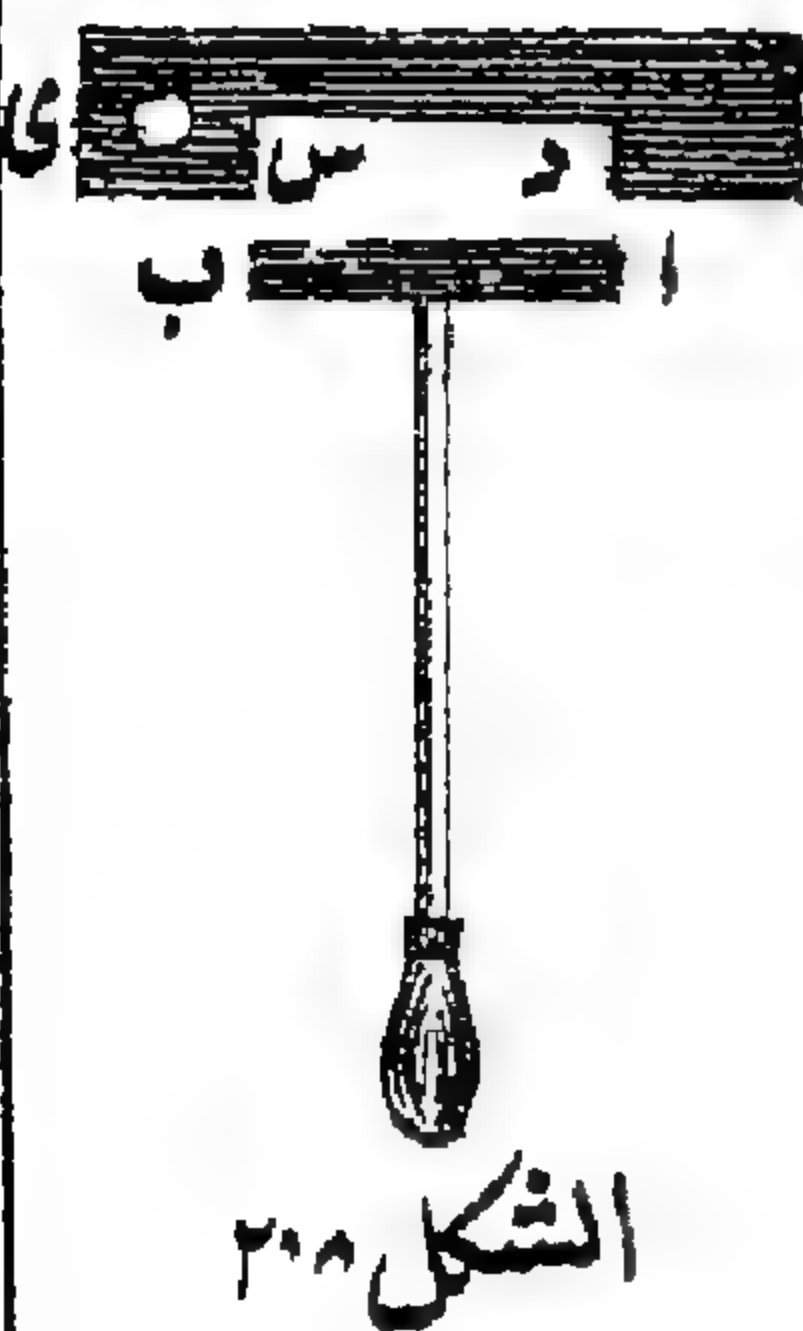
ربطاً شديداً بعضها ببعض. ولما وقع الخلل في جدران دار الصناعة بباريس

فتباعد بعضها عن بعض ادخلوا فيها قضباناً من الحديد واحسوها فتمددت

ثم شدوها باللوالب فلما بردت تقلصت فقصررت وشدت الحديد من

إلى استقامتها

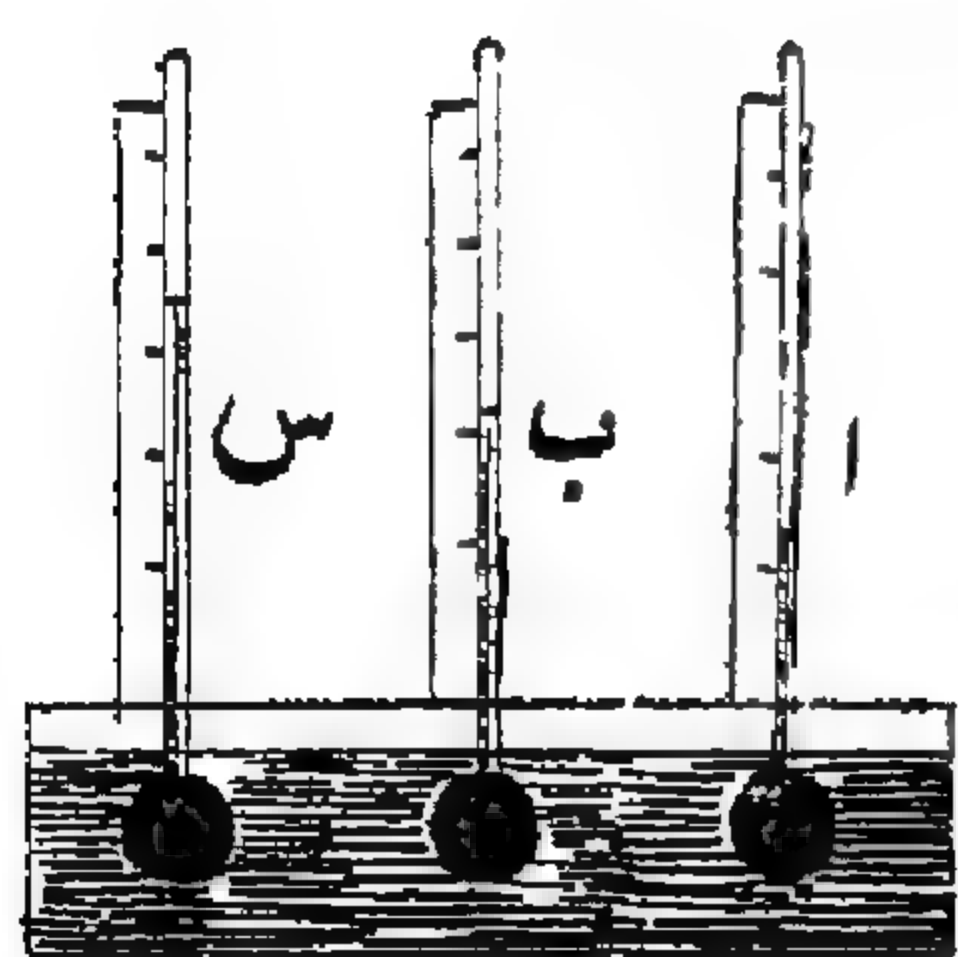
وكما أنه ينتفع بقدر الأجسام كذلك يجب أن يحترس من ضرره.



ففي مدد انابيب الماء تحت الأرض يدخل طرف الانبوب الواحد في طرف الآخر
يسير احدها انهما اذا امتدادا وتقلصا يجدان في بعضا لذلك. واذا غسست اكواب
الزجاج باردة في الماء الحار فقد تنقسم لان سطوحها الخارجية تمتد قليلا
تنصل الحرارة الى سطوحها الداخلية فيتمدد تلك وبقاء هذه على ما هي تنكسر
الزجاج. ولهذا السبب تنكسر زجاجة القنديل اذا ارش عليها الماء البارد
او مريها الهواء البارد حامية -

واعلم ان الاجسام اذا بردت تقلصت ولجعت دقائقها الى اماكنها الاولى لا الرصا
والتقيا فانهما متى بردا لا يرجعان الى حجمهما الاول واذا لم يجد احدهما لتمدد افي يتجدد
ولذلك كثيرا ما ترى بطانة الاوعية المبطنة بهما مجمعة

(٢٢٤) تمدد السائلات في تمدد السائلات اكثر مما تمدد الجوامد
لان جاذبية الملاصقة فيها اضعف مما هي في الجوامد. غير ان تمددها
ليس قياسيا فلا تمدد بقدر ازدياد درجة الحرارة لانه اذا كانت
حرارة سائل ٢٠ وحرارة اخر من نوعه ١٠٠ وزيادت حرارة
كل منهما ١٠ يتمدد الثاني بالعش درجاة اقل مما يتمدد الاول.
وكما قربت حرارة السائل من درجة غليانه بعد تمدده عن
القياس ويتفاوت التمدد في السائلات



الشكل ٢٠٩

بحسب نوعها فاذا صب في (الشكل ٢٠٩)
ماء وفي ب زيت السمك وفي س الكحول
الى علو واحد وغسست كلها في الماء
الغالي تمدد الكحول اكثر من الزيت
والزيت اكثر من الماء في هذا ولا تمدد

الاجسام بتغير الحرارة الا الماء فانه يتمدد بالحرارة ويتمدد بالبرد
ايضا وهذا يكون بعد انحطاط حرارته الى ٣٩ و ٠. فيتمدد من

ثوحتة يصير جليداً على درجة ٣٢ من

(٣٢٨) تمدد الغازات بتمدد الغازات أكثر مما تمدد السوائل والجوامد وتمددها قياسى فانه كلما ارتفعت حرارتها درجة زاد حجمها. ولم منه كلة فاذا كان غاز حجمه ٢٩ قيراطاً مكعباً ودرجة حرارته ٣٢ من واحده حتى يصير ٣٣ من يصير حجمه ٢٩ قيراطاً مكعباً. ولتمدد الغازات اعتبار عظيم في الرياح وفي تنقية هواء المساكن كما سيذكر -

(٣٢٩) الثقل النوعى للغازات بتمدد (عدد ٢٨) ان الثقل النوعى للهواء يجعل قياساً للثقل النوعى لسائر الغازات. ولما كانت الغازات قابلة للتدد والانضغاط كثيراً كانت كثافتها كثيراً الاختلاف فاذا اردنا ان نستعلم ثقلها النوعى وجب ان نحولها دائماً الى درجة معينة من الحرارة ومن الضغط. والمتفق عليه ان تكون الحرارة على درجة الجليد وان يكون الضغط مساوياً. ٣ قيراطاً بالبارومتر. فيستعلم الثقل النوعى لكل غاز من الغازات باستعلام ثقل جرم معين منه على درجة الجليد من الحرارة وتحت ٣ قيراطاً من الضغط ثم يستعلم ثقل جرم يساويه من الهواء على تلك الحرارة وتحت ذلك الضغط. ويقسم ثقل الغاز على ثقل الهواء فالخارج الثقل النوعى لذلك الغاز. مثاله لو قيل ما الثقل النوعى لغاز الأكسجين لقليل فرغ القارورة المرسومة في الشكل ٩٦ من الهواء واستعلموزنها ثم املاها هواءً واستعلموزنها واملاها أكسجيناً ايضاً واستعلموزنها.

١٠ ان هذا الحكم لا يصدق تماماً اذا اردنا حقيقة الواقع ولكن اختلافه ضئيل

جلد الايعاب به في العمل

واطرح وزنها من وزنها مع الهواء فيبقى لك وزن الهواء واطرح
وزنها من وزنها مع الأكسجين فيبقى لك وزن الأكسجين . اقسمه
على وزن الهواء فيخرج لك ثقل الأكسجين النوعي . الا انه لا يتيسر
دائماً استعلام الثقل النوعي على الدرجة المذكورة انفاً من الحرارة
والضغط : ولذلك يجوز اوزان الغازات بالحساب الى ما تكون
عليه لو كانت الحرارة والضغط حسب المطلوب

(٣٥٠) الترمومترية الحواس البشرية قاصرة عن معرفة درجة
حرارة الأجسام رأساً ولذلك يستعان على معرفة هذه الحرارة
بقياس تمدد هذا للأجسام . وتسمى الآلة التي تعرف بها حرارة
الأجسام الترمومترية مقياس الحرارة . ولما كان الاعتماد فيه على
تمدد الأجسام كانت السائلات اصل الأجسام لذلك لان الجوامد
تتمد قليلاً فيقاس بها اختلاف الحرارة باختلاف أعظيها والغازات تتمد
كثيراً فتصلح لقياس اختلاف الحرارة اختلافاً يسيراً فقط فضلاً
عن ان ضغط الهواء يؤثر فيها كثيراً . ولذلك يستعمل من السائلات
الزئبق والكحول اما الزئبق فلان تمدده قياسى ولا يغلي الا اذا
اشتدت الحرارة جداً واما الكحول فلانه لا يجمد ولو اشتد
البرد وجمد الزئبق . ويسمى الترمومتر من الاول الزئبق ومن
الثاني الكحول . والاول اكثر استعمالاً واما الثاني فيستعمل
غالباً في البرد حيث يخشى من جمود الزئبق

(٣٥١) الترمومتر الزئبقى يتخذ عمل هذا
الترمومتر مما يأتى : تؤخذ انبوبة من الزجاج
(الشكل ٢١) ذات بلبوس ب في احد طرفيها
ويجمل بلبوسها هذا على قنديل كحولى



الشكل ٢١

حتى يتمدد الهواء فيه ويخرج بعضه من الانبوبة. ثم يغس طرف
الانبوبة الأخرى وعلو من الزجاج يحتوي ماء ملوناً. فتمت
برد البلبوس ب يتقلص الهواء فيه وفي الانبوبة فيصغر حجمه و
يدخل جانب من الماء الى البلبوس ويشغل قسماً منه. ثم يحس
البلبوس ثانية حتى يتحول كل ما فيه من الماء الى بخار ويغس طرف
الانبوبة اذ ذاك في الماء الملون. فتمت برد البلبوس تقلص البخار
فيه وصعد الماء وملاؤه والانبوبة معاً وهكذا يصنع للثرمو متر
الزئبقى انبوبة شعرية ذات بلبوس وتملأ زئبقاً على ما تقدم.
ولكن المعتاد انهم يضعون قمعاً في طرف الانبوبة ويصبون الزئبق
فيه ويحبسون البلبوس فيتمدد هواؤه ويصعد بعضه من خلايا
الزئبق. ومتى برد البلبوس يتقلص الهواء فيه فينزل جانب من
الزئبق الى البلبوس ويحل محل ما اقلت من الهواء. ثم يحسون البلبوس
ثانية حتى يتمدد الزئبق الذي نزل اليه ويشغله هو والانبوبة الى العلو
المراد ويصهرون طرف الانبوبة ويسدون به ويتركون البلبوس حتى
يبرد فيتقلص وينزل الزئبق اليه ويبقى ما فوقه من الانبوبة فارغاً.
ثم يبتدون بحرارة درجات على الانبوبة فيغسون البلبوس في
الجليد وهو يذوب فيتقلص الزئبق كثيراً من البرد وحيثما استقر
وسموا علامة على مسأواة راسه. ثم يغسون البلبوس في الماء وهو
يغلي تحت ضغط جلد واحد فيتمدد الزئبق في الانبوبة من الحرارة
وحيثما استقر وسموا هناك علامة اخرى

وحيثما اذ احسبت درجة الجليد ٣٢ ودرجة الماء الغالي ٢١٢
وقسموا بينهما ١٨ قسماً متساوياً فذلك هو ثرمومتر فارنهایت واستعماله
شائع في الولايات المتحدة وبلاد الانكليز. واذا احسبت درجة الجليد

صفر أو درجة الماء الغالي .. أو قسم ما بينهما .. أقسم متساوياً فذلك هو ثرمومتر سنتكرا د أو سلسيوس واستعماله شائع في فرنسا. وإذا حسبت درجة الجليد صفر أو درجة الماء الغالي ٨٠ فذلك ثرمومتر رينومير واستعماله شائع في جرمانيا وروسيا. ترى صورة ثرمومتر فارنهييت ورينومير معاً (الشكل ٢١١)

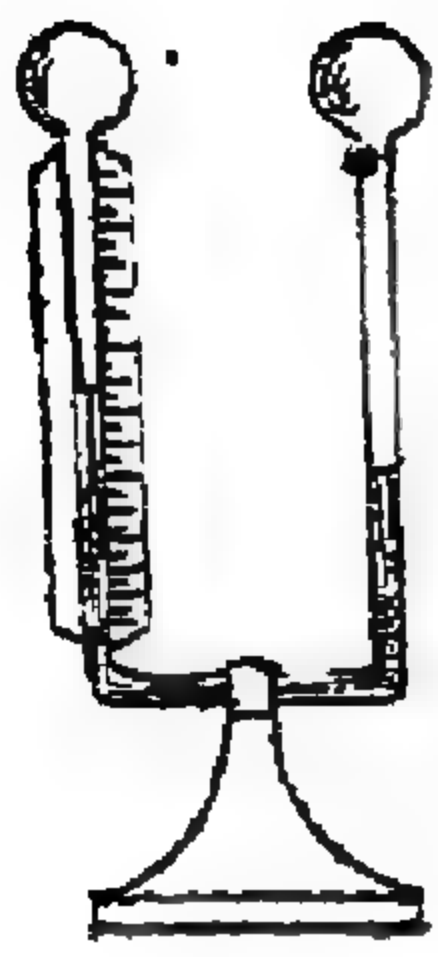


الشكل ٢١١

وللتمييز بين هذه الثلاثة يكتب أول كل حرف من اسم كل ثرمومتر إلى يسار درجاته فإذا كتبنا ٣٥° ف. و ٣٥° س. و ٣٣° ر. فالمراد ٣٣ درجة من فارنهييت و ٣٥ درجة من سنتكرا د و ٣٣ درجة من رينومير. ويقسم الثرمومتر تحت درجات الجليد أقساماً متساوية أيضاً ويدل على ما تحت الصفر بعلامة الطرح عن يسار الأرقام فإذا كتبنا - ٣° ف. و - ٣° س. و - ٣° ر.

فالمراد ٣ درجات فارنهييت تحت الصفر و ٣ درجات سنتكرا د تحت الصفر و ٣ درجات رينومير تحت الصفر. والصفر في هذين الأخيرين يدل على درجة الجليد وأما في الأول فعلى ابرد منها بأشدين وثلاثين درجة وإذا أردنا تحويل ثرمومتر فارنهييت إلى سنتكرا د طرحناه ٣٢ و ضربنا الباقي في ٥ وقسمنا الحاصل على ٩ ويدل على ذلك بهذه العبارة (ف - ٣٢) × ٥ = س. وإذا أردنا تحويل سنتكرا د إلى فارنهييت ضربناه في ٩ وقسمنا الحاصل على ٥ و أضفنا ٣٢ إلى الخارج ويدل على ذلك بهذه العبارة (س ÷ ٩ + ٣٢ = ف) وإذا أردنا تحويل فارنهييت إلى رينومير طرحناه ٣٢ وضربنا الباقي في ٤ وقسمنا على ٩ ويدل على ذلك بهذه العبارة (ف - ٣٢) × ٤ = ر. وإذا أردنا تحويل رينومير إلى فارنهييت ضربناه في ٩ وقسمنا الحاصل على ٤ و أضفنا ٣٢

الى الخارج ويدل على ذلك بهذه العبارة (٣٥٢) و اعلم ان الزئبق
مجمد على - ٣٩ ف. ولذلك يستعمل الكحول عوضاً عنه للدلالة
على الحرارة السافلة كما تقدم



الشكل ٢١٢

(٣٥٢) ثرمومتر التفاوت هو انبوبية
ذات شعبتين قائمتين كما ترى في الشكل ٢١٢
فيما لا بعض الساقين وما بينهما سائلان
كالحامض الكبريتيك المخفف ويترك
البليوسان وما بقى من الساقين مملوءة هواء.
فان كانت الحرارة واحدة على البليوسين

بقي الحامض على علو واحد في الساقين والاذا زادت على
واحد دون الاخر تمدد الهواء الذي فيه وصار طرد الحامض
من الساق التي هو فيها الى الساق الاخرى. وهذا يستعمل
لقياس الفرق بين درجتى حرارة لسائلين او جسمين و
هذا اسمه ثرمومتر التفاوت -

(٣٥٣) ثرمومترا الاعظم والاقل اذا شئنا ان نعرف اعظم
الحرارة التي تحدث في اليوم او اقلها على اسهل سبيل استعملنا
ثرمومتر يقيد نفسه بنفسه. والشائع في الاستعمال الثرمومتر
الزئبقي لمعرفة اعظم الحرارة والكحول لمعرفة اقلها اما كيفية
تقيد الثرمومتر نفسه فتتضح من الشكل ٢١٣ اب الاعظم فيه
زئبق وقضيب دقيق من الفولاذ مفصول عن الزئبق بقليل



الشكل ٢١٣

من الهواء.
فاذا ارتفعت
الحرارة ملئت

الزئبق فيسير في الانبوبة ويدفع القضيب اما ما حته يبلغ اعظم قله دة واذ وطقت الحرارة تقلص الزئبق ورجع تاركا القضيب مكانه فيستدل منه على الدرجة التي بلغت الحرارة اليها في ذلك اليوم

ودي الاقل فيه الكحول وقضيب محقوف من الزجلاج غير مفصول عنه يوضع قضيب الزجلاج بحيث يمس طرفه المتجه الى البلبوس رأس عمود الكحول ثم اذا هبطت الحرارة تقلص الكحول واجتذب القضيب (لما بينهما من جاذبية الالتصاق) راجعا نحو البلبوس حته يبلغ نهاية تقلصه. فيستدل من القضيب على اقل الحرارة ذلك اليوم. واذ ازادت الحرارة فددت الكحول تجاوز القضيب ولم يحركه من مكانه كما ترى في الشكل

(٣٥٣) البيرومتر كما ان الزئبق لا يصلح لقياس الحرارة اذا كانت منخفضة جدا لانه يجمد فيعوض عنه بالثرمو متر الكحول كذلك لا يصلح لقياس الحرارة اذا ارتفعت جدا لانه يتحول الى بخار فيعوض عنه بالبيرومتر. وهذا البيرومتر على اشكال لا تعرض لتفصيلها اذ قد اهلكت لعدم ضبطها في الدلالة على الحرارة. ولكن المعول عليه الآن للاستعمال هذه الغاية هو بيرومترات الغاز والبخار او بيرومترات الكهر بائية المذكورة في المطولات -

(٣٥٥) اسالة الاجسام اي تحولها الى سوائل بتأثير الحرارة فيها وهو يكون في الجوامد فيقال صهرا وتذيب وفي الغازات فيقال له تسيل -

(٣٥٦) صهرا الجوامد اذ ازيدت الحرارة على جامد ارتفعت درجة حرارته ارتفاعا دائما حته تصل الى الدرجة

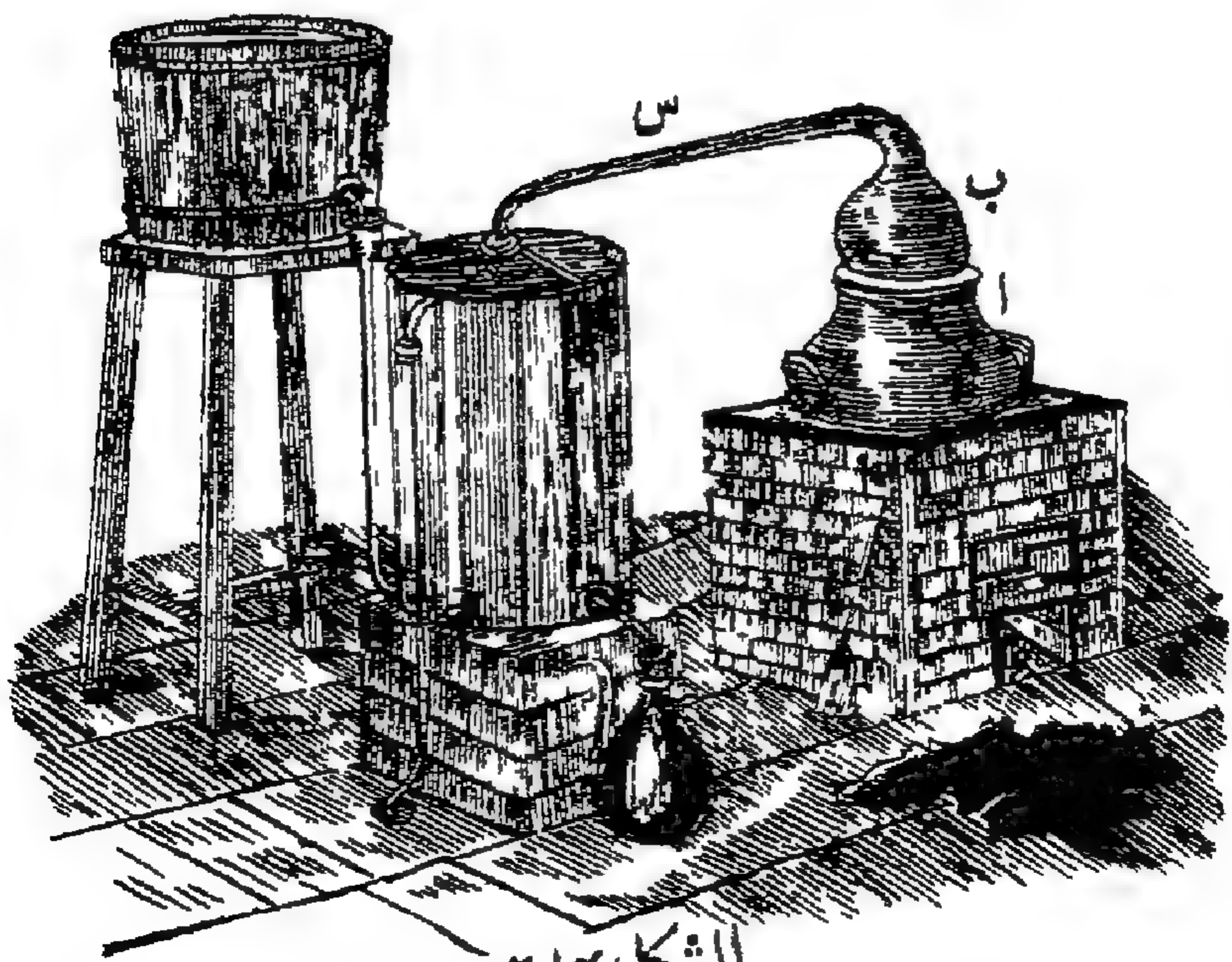
التي يذوب عند هافلا ترفع بعد ذلك ولو زادت الحرارة عليه .
 لأن ما يزيد من الحرارة على درجة الذوبان يصرف في مقاومة جاذبية
 الملاصقة التي بين دقائق الجاهل فيمدد إى يبعد دقائقه بعضها
 عن بعض حتى يضعف جاذبية الملاصقة ويحل الدقائق من قيودها
 حلا يسهل لها الحركة فتسيل كما يشاهد في تذويب الشح
 والحديد ونحوهما ولا يخفى أن حرارة كثيفة تختلف بالصهر
 لأننا إذا اردنا أن نذوب ثلجة حرارتها ٣٢° ف إلى ماء
 حرارته ٣٢° ف اقضى أن يمتص فيهما ١٢٢° ف من الحرارة . فلا
 نحول اوقية من ذلك الشح إلى اوقية من هذا الماء ما لم نصرف
 عليها من الحرارة ما يرفع ١٢٢° اوقية من الماء من ٣٢° إلى ٣٢° ف .
 واعلم أن بعض الأجسام كالورق والخشب والصوف وغيرها تتحل
 برفع حرارتها ولا تذوب وبعضها يصهر تدريجاً فليس له درجة محدودة يصهر
 عند هافلا لزجاج والحديد فأنهما يلينان شيئاً فشيئاً حتى ينتقلا من الجوى إلى السيل
 تدريجاً ولذلك تعتبر درجة ابتداء الليونة وتنام الصهر فيهما . ولما كانت جاذبية
 الملاصقة متفاوتة القوة في الأجسام فدرجة الصهر متفاوتة ايضاً فأنها عالية في
 بعض الأجسام وسافلة في غيرها

(٣٥٤) تسيل الغازات بتحول الغازات إلى سوائل بالبرد
 والضغط . أما البرد فلأنه إذا قلت الحرارة من الغاز ضعفت القوة
 الدافعة وقويت الجاذبة بين دقائقه فتقرب بعضها ببعض .
 وأما الضغط فلأنه يقرب الدقائق بعضها من بعض فيعين الجاذبة
 على غلبة الدافعة . وبواسطة الضغط والبرد معاً حقول كل الأبخرة

(١) ان الأبخرة الكيماوية تجعل في الجسم ميلا إلى تحويل الأبخرة التي في الهواء إلى
 سوائل كالكلس الحى فإنه يمتص بخار الهواء . وكذلك بعض أنواع الماء الملح .

والغازات بلا استثناء الى سوائل. وما زال الغاز تحت الضغط بقى
سائلا وما اذا زال الضغط عنه فيرجع الى الغازية حالا.

(٨٥٨) البخار اذا احبسنا السائل في قدر ارتفعت درجة
حرارته حتى يغلي فتعكس عن الارتفاع. واما هو فلا يزال
يتمدد حتى تصير سرعة دقائقه اقوى من جاذبية الملاصقة فيتطاير
ويقال اذا ذلك ان القدر تجزئه. ولا تجزئه مساويكون دائما فيه من
الجوامد فاذا تجزئت ماء ملحاً مثلاً صعد البخار عند باو تقى الملح فيه
وعلى ذلك يجري التقطير بالانبيق كما ترى في (الشكل ٢١٢) يوضع السائل
في اوهو وعاء من النحاس يستقر على الكانون فيتحول الى بخار ويحرق من
رأس الانبيق في الانبوبة من الى انبوبة لولبية من دالة في حوض
ملآن من الماء البارد. فيبرد هناك ويقطر في الكورثقا خالصاً من الشوائب
والاكدار. ولكن الماء البارد الذي حوله في الحوض يستحق. ولذا لا يبدل
بماء آخر بارد من حوض بجانب حوضه فيدخل البارد من اسفل الحوض و
يخرج الحار من اعلاه كما في الشكل ب كذا يقطر الماء ويستخرج العرق من
عصير العنب والسوائل العطرة من الازهار.



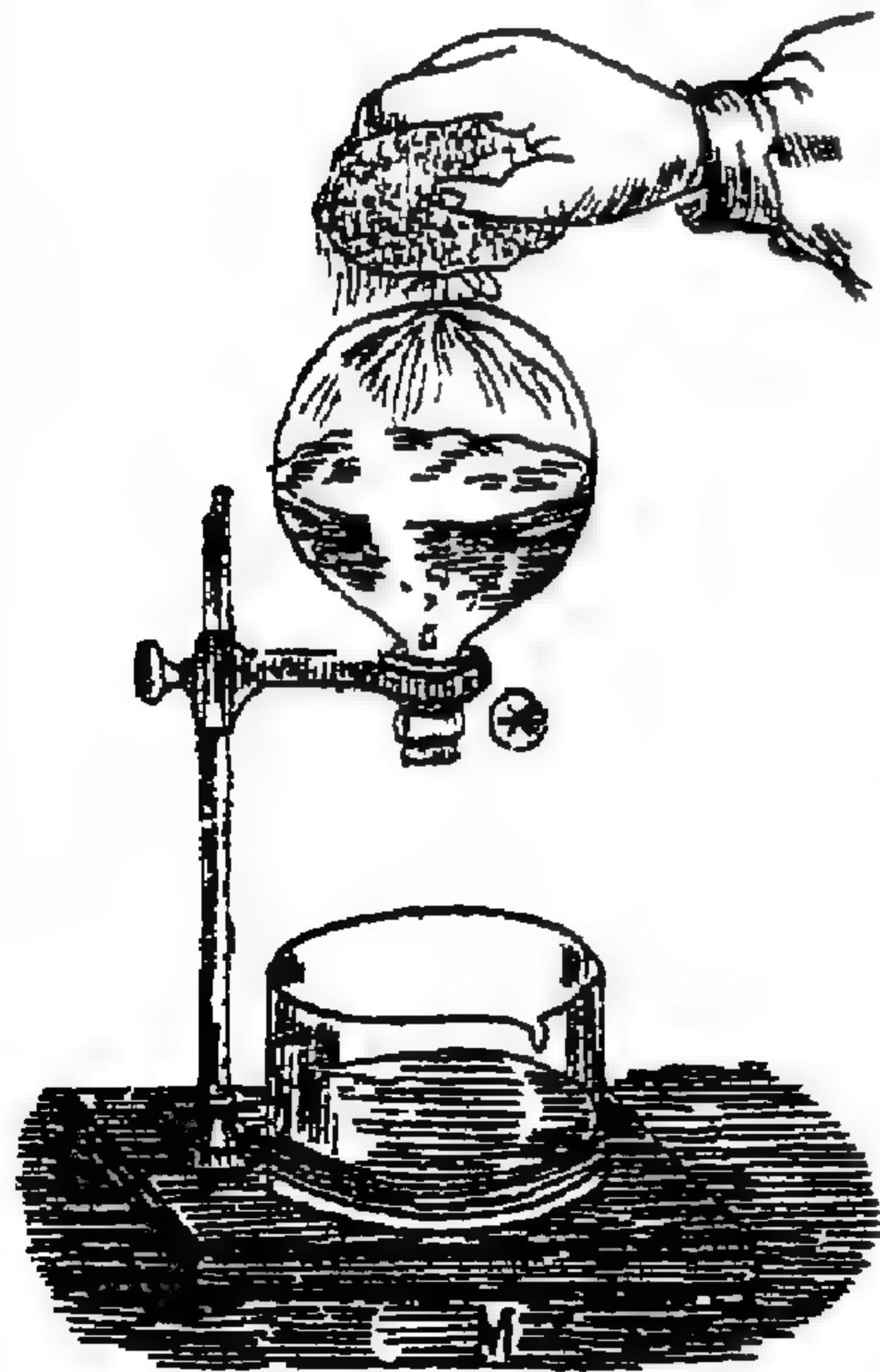
الشكل ٢١٢

(٥٩) درجة الغليان في السائل هو جيثان دقائقه
بالحركة. فاذا احس الماء مثلاً غليته او لا ففقايق معبأة هواء من
الهواء الذي كان فيه. ثم حدثت فيه فقائيع معبأة بخاراً منه
واستقرت على قعر وعائه وجوانبه. ثم تعلو قليلاً حتى تبلغ ما
لا يزال يارده منه فيسحقها ويكتفها ومن النحافتها يحصل الأثر وهو
صوت القدر المصمود. الا انه كلما زادت الحرارة على الماء علت
هذه الفقائيع البخارية فيه حتى تبلغ سطحه فتفقع عليه وتخرج
بخارها الى الهواء وهذا هو غليان الماء في درجة الغليان هي
الحرارة التي يغلي السائل عليها وهي متفاوتة باختلاف الاجسام
فمن الاجسام ما يتحول الى بخار على درجة معتدلة من الحرارة
فتكون درجة غليانه معتدلة ومنها ما لا يذوب الا على درجة
عالية جداً فتكون درجة غليانه عالية جداً. ومنها ما يتحول الى
بخار على درجتين أو ثلاثاً كغازات الهواء -

(٣٤) درجة غليان الماء يتوقف على درجة غليان الماء على ثلاثة أمور هي: أولاً. نقاوة الماء. فإن كل ما يزيد جاذبية الملائقة بين دقائق الماء يرفع درجة غليانه ولذلك تكون درجة غليان الماء المالح ارفع من درجة غليان الماء العذب اذ الملح يزيد قوة الملائقة بين دقائق الماء. وتكون درجة غليان الماء السدروج بالهواء اسفل من درجة غليان الماء الخالص منه اذ الهواء يضعف قوة الملائقة بين دقائقه فاذا اخلص الماء من الهواء لم يغل الا على ٢١٠ و ٢٢٠ فيتحول حينئذ الى بخار يقق شديداً —

وثانياً. طبيعة الوعاء. فان درجة غليان الماء في الحديد

مثلاً أسفل مما هي في الزجاج . وتزيد في الزجاج ارتفاعاً إذا
نظمت بالحامض الكبريتيك واليوتاسا . والظاهران سبب
ذلك جاذبية الالتصاق بين الماء والوعاء الذي يحويه فإذا
كانت شديدة ارتفعت درجة الغليان والعكس بالعكس
وثالثاً : الضغط فإن كل ما يضغط وجه الماء يقرب دقاعقه
بعضها من بعض فيعيق الحرارة عن تفريقها . ولما كان ضغط الهواء
على قسم الجبال اقل مما على سفوحها كانت درجة الغليان على
القسم أسفل مما على السفوح . وعليه وجدت درجة غليان الماء
٨٣° في على ارتفاع ٥٨٠٠ قدم في الجبل الأبيض واكثر من
٢١° في قعر بعض المعادن العميقة . ولذلك يمس الطبخ
بالماء من انحطاط درجة غليانه على القسم الشاهقة . وكلما قل
ارتفاع الجبال ارتفعت درجة الغليان وصح الطبخ . وهذا
الارتفاع بالهبوط والهبوط بالارتفاع يجرى على قياس وهو درجة واحدة
في كل ٥٩٤ قدماً من الارتفاع فيمكن استخراج اعالي الجبال
من درجة غليان الماء عليها استخراجاً تقريبياً



الشكل ٢١٥

ويظهر ارتفاع درجة الغليان بالضغط
مسأياً في : اصلاً نرجاجة ماء الى نصفها
(الشكل ٢١٥) واغليها مدة على النار ثم سدّها
حالا واقلبها فيكف الماء عن الغليان لان
البخار الذي تحول عنه يضغطه فيمنع من الجريان
ثم غط اسفنجة في الماء البارد واعصرها على الرجاجة
فيعود الماء الى الغليان بعد سكونه لان الماء
البارد يكتف البخار فيسيله فيرجع البخار

ماء وينزل منقطه فيعود الغليان الى ان يتحول بعض الماء الى بخار كيف منقطه
لتوقيف الماء عن الغليان . ثم يعود البخار ماء اذا عصر ماء بارد على الزجاج
للسبب المتقدم . ولا يزال الغليان يجري وينقطع حتى تصير حرارة الماء اقل
من حرارة الدم قليلا فيبطل كلياً . واذا كانت سداة الزجاج حارة محسوسة
تمنع الهواء من الدخول اليها فكلما اصاب الماء جوانبها صلصل صلصلة
المعادن لانه لا يوجد هواء يضعف صوته . ويتضح ما نحن بصدده من المطرقة
المائية وهي عبارة عن انبوبة من الزجاج تملأ ماء الى نصفها ثم تحبس حتى يتحول
بعض مائها الى بخار ويحل محل الهواء فيها وتصهر من فيها وتسد سداً تاماً .
فستبرد البخار فيها سال وبقي محله فارغاً فينزل الماء فيها من طرف الى طرف كالرصاص
واذا لم يست حينئذ تحول بعض مائها الى بخار بحرارة اليد

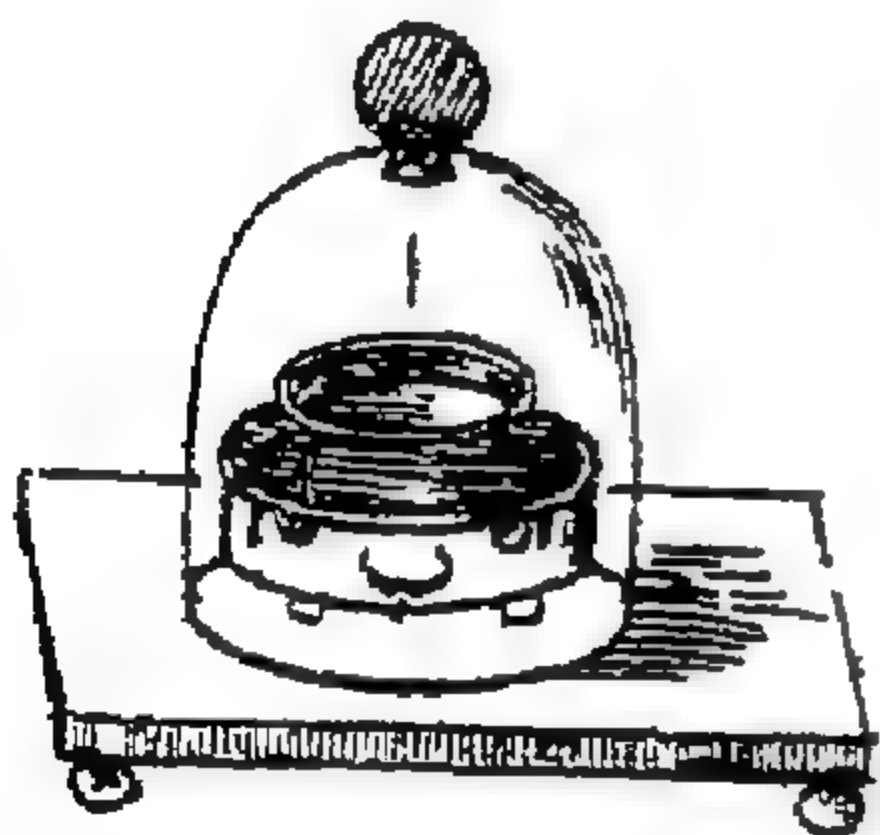
(٣٤١) حرارة بخار الماء الغالى ان الماء لا ترفع حرارته
عن درجة الغليان مهما زادت عليه الحرارة ما لم يحصر بخاراً كما
سيأتى . لانه متى بلغ درجة الغليان كفت الحرارة عن رفع
درجته وصرفت على تسديده وتكبير حجمه ولذلك تجد حرارة
البخار الصاعد عن الماء الغالى مثل حرارة مائه والحال ان فيه
٢٠٠ من من الحرارة زيادة عما في الماء الغالى . وهذه الحرارة
الزائدة تختفي في البخار وتملأه وتكبير حجمه فتصير القيروط
المكعب من الماء . . . اقيوط مكعب من البخار . فاذا رجع هذا البخار
الى السبيلة ظهرت كل الحرارة المختفية فيه . وعليه يستعملون البخار
لاحماء البيوت ونحوها بأرساله اليها في انابيب يتكاثف فيها ويسيل
وبخار الماء الغالى شفا ولا يرى كما يتضح من النظر اليه عند اول خروجه
من بلبل الابريق . وانما يرى بعيد ذلك عند ما يبرد فيتكاثف و
يصير نقطاً صغيرة تعوم في البخار الحقيقة .

(٣٤٢) التبخير والاسباب السجلة له ذكرنا من تغييرات الحرارة
 للاجسام المتدد واسالة الاجسام والبخار فيق علينا ان نذكر التبخير
 ومعنى التبخير هنا غير البخار وهو ان يتكون البخار نكونا بطيئا ليس
 على درجة الغليان كالبخار بل على كل درجة من درجات الحرارة
 الاعتيادية كما يشاهد في جفاف ماء البرك والسياب المنشورة
 في الهواء وجفاف العرق عن الجسد وما شاكل ذلك. فان الماء
 يخرج في الفضاء ولو كانت الحرارة على درجة الجليد والسياب تنشف
 ولو اشتد البرد ولا سيما اذا هبت عليها الريح فابدل الهواء
 الرطب المباشرها بهواء اجف منه واخف فيتشرب كثير من
 مائها. واذا اتسع السطح المعرض للحرارة كثر تبخيرها فافيه من
 السائل ولو كانت الحرارة لطيفة. وعلى ذلك يستخلصون من
 السوائل الجوامد الذائبة فيها بتقليل السائل وبسطه على
 سطح متسع. الا ترى ان الذين يستخرجون الملح من الماء الملح
 يصبون مقدارا من الماء على سطح متسع فلا يمتص من مان طويل
 حتى يجف الماء ويبقى الملح.

ولا يخفى انه كلما زادت الحرارة على السائل عجلت تبخيره كما هو واضح.
 ويستعمل تبخير السائل ايضا اذا اتحد الهواء عليه لانه اذا كثر البخار فيه لم يعد
 يسع بخارا كالهواء القليل البخار. فاذا بقى الهواء الصافي رطوبة على
 السائل منعه من التبخير واما اذا ابدل بهواء اجف منه فيبقى التبخير
 جاريا على حاله او يزيد. ويستعمل التبخير ايضا اذا قل الضغط عن
 السائل كما استفاد من (عد ٣٥٩) ولذلك اذا اخف الهواء لسبب
 من الاسباب استعمل التبخير. وهذا الحكم جار في الصنائع فانهم اذا
 شاءوا تحميد الحليب او تركيز شراب السكر (اي تبخير بعض مائه)

وضعه في أوعية وفرغوا الهواء عنها فيسرع تبخير الشراب لما فيه من الماء على حرارة سائلة لا يخشى ان تحرقه —

(٣٦٣) التبريد بالتبخير: اذا تحول السائل الى بخار اختلف جانب من حرارته في ذلك البخار (عد ٣٦٣) فتهبط حرارة السائل. وعلى ذلك يشعر الانسان بالبرد بعد تحول عرقه الى بخار. ويبرد الماء في الآبارق اذا هبت عليها ريح شرقية جافة حارة وحولت كثير من مائها الى بخار. وتبرد الآزقة صيفاً اذا رشت بالماء وبجرت. وتجسد السوائل اذا انجرت كما يأتي: مثلاً صحيفة صغيرة (الشكل ٢١٦) ماء مثلاً وتوضع على وعاء أرواح اى قريب القعر مملوء من الحامض الكبريتيك وموضع على صحيفة مفرغة الهواء. ثم قلب القابلة عليهما ويفرغ الهواء منها. فيرتفع ضغطه عن الماء فيبخر الماء بعجلة (عد ٣٦٢) حتى يضغط البخار الصاعد منه كما كان يضغط الهواء ثم ان الحامض الكبريتيك يمتص البخار بما فيه من الشراطة اليه فيرتفع ضغطه عن الماء ويبخر الماء ثانية بخاراً يمتصه ايضاً الحامض الكبريتيك وبهذا التبخير يبرد الماء حتى يجمد. كما يصنع الثلج في بعض الأماكن. وقد مزجوا سائل أكسيد النيتروس بسائل بي كبريتيد الكسبون وفرغوا الهواء عنهما فخرأ وهبطت حرارتهما بالتبخير الى ٥٢٢ ف. وهذه اسفل حرارة يستعملونها لقضاء الحاجات



الشكل ٢١٦

(١) لما سيلوا الأكسجين والنيتروجين والهيدروجين وباقي الغازات الثابتة سنة ١٨٤٤ فبعد رجوعها بغتة الى الغازية هبطت درجة الحرارة الى ٥٠٨ ف. على ما قدس بعض العلماء —

(٣٤٤) الحالة الكروية: اذا قطرت قطرات قليلة من الماء في كأس معدنية محبسة الى الحفرة صارت كرة مستديرة وتراقت في الكأس ولم يصغر حجمها الا قليلا. وسبب ذلك ان جانباً منها يتحول الى بخار فيفصل بينها وبين سطح الكأس والهواء يحبس بها المستسطح الكأس فيجري في جوار تحسبها فتتراقص كما ذكرنا. واذا ابردت الكأس قليلا فقدت النقط كرويتها ومستسطح الكأس رأساً فقلول الى بخار وتفقع فقعا لطيفاً -

وعلى ما تقدم يمكن للانسان ان يمس سطحاً مستوياً من الحديد الحامى ولا يحترق اذا بلل كفه لان الماء يتكيف بالكيفية المذكورة فيبقى الكف من الماء الحار عليه ايضا قد يغط صابو الحديد ايدهم مرطبة في الحديد الصهور ولا يلذ عون ولعل الذي يروى انهم كانوا يمشون على السطح المحبسة الى الحفرة ولا يتأذون كانوا يبلون اقدامهم كما ذكر -

الفصل الثالث

في اتصال الحرارة

(٣٩٥) نقل الحرارة بحيثما وجدت حرارة طلبت الانتقال الى ما حولها من الاجسام على التساوي بطريقة من ثلاث طرق وهي لنقل الحمل والاشعاع والنقل هو انتقال الحرارة من دقيقة الى دقيقة من دقائق الجسم مثله: نضع رأس الملقط في النار وابق يدك على مقبضه فتشعر بحموة بعد قليل لا في حرارة النار تنتقل على الملقط من دقيقة الى دقيقة حتى تنتهي من رأس الى مقبضه

وبين الاجسام تفاوت من حيث نقلها لحرارة فالتى تنقلها جيداً تسمى موصلات جيدة للحرارة والتى لا تنقلها جيداً تسمى موصلات رديئة. وتعرف جودة اتصال الجوامد ورداءتها كما يأتي: يصنع قرص مستدير من النحاس الأصفر (الشكل ٢١٤) ويثقب حرفة ثقباً مستديراً ويخل

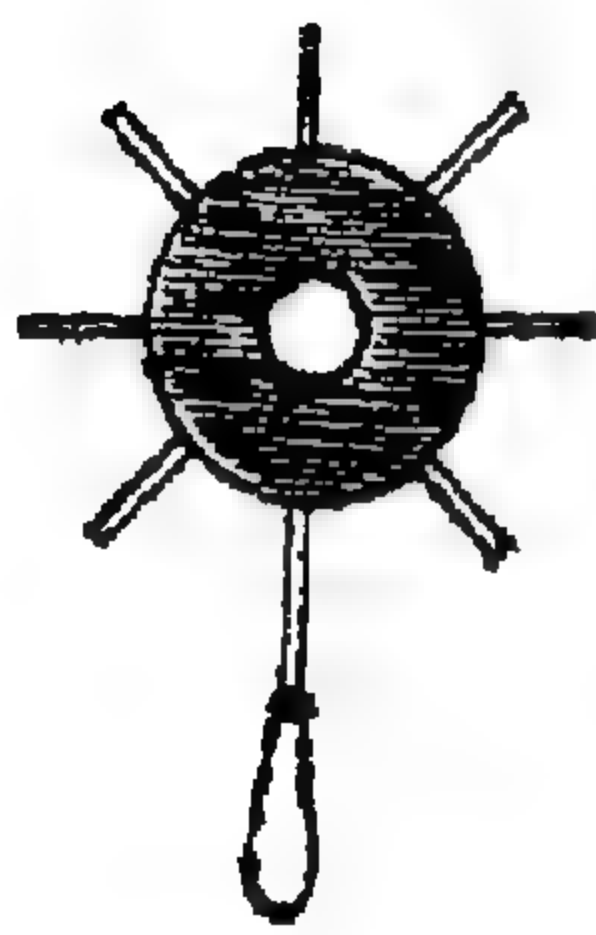
في ثقبه قضبان ذات مقدار واحد وطول واحد من معادن مختلفة ويحفر في طرف كل منها حفرة توضع فيها قطعة من الفسفور

ثم يحبس القرص فالذى تشتعل فيه قطعة الفسفور اولى من القضبان يكون اجودها ايصالاً للحرارة والذي تشتعل

فيه قطعة الفسفور ثانياً يتلو في الجودة وهكذا.

كذلك علم ان المعادن اجود الموصلات ثم الرخام فالصين

فالقرميد فالخشب (ولا سيما على عرض الياقوت) فالزجاج



الشكل ٢١٤

ويتلو الجوامد في جودة الايصال السوائل فاذا احسنا الساء بتدبير على

لهيب القنديل الكحول على ما يكون منه قرب اللهب وبقي اعلاه بارد الا انه

موصل رديء. ويتلو السوائل الغازات فانها اشد الموصلات. وما

اتسعت مسامه كالصوف والفرو والشعر والفحم ونحوها فهو موصل رديء

لان الهواء يشغل مسامه والهواء غاز رديء الايصال. ولذلك يبنون المشايخ

جدراناً مزدوجة يملأون ما بينهما فحشاً او نشارة او جسماً اخر مما لا يوصل

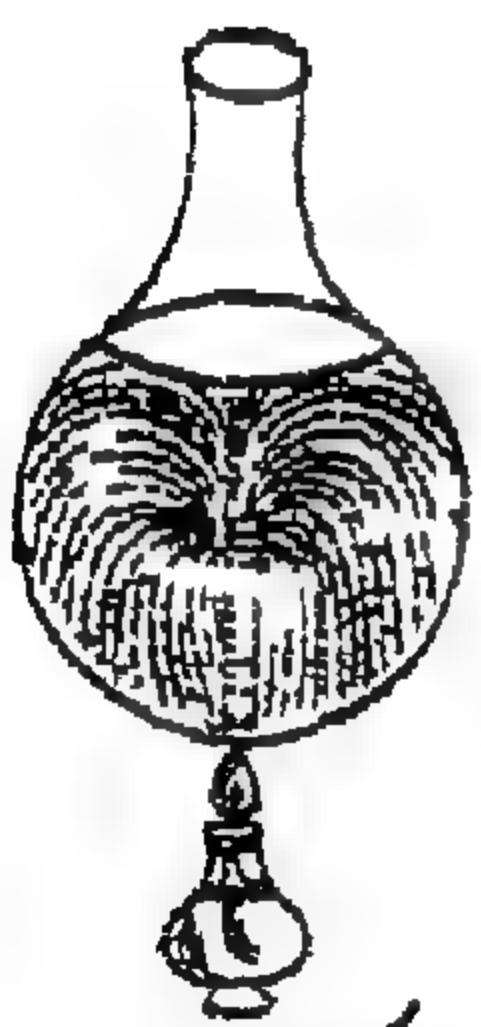
الحرارة جيداً فلا يذوب ثلجها. ولقلة اتصال الهواء يمكن للانسان ان

يدخل فرناً حامياً جداً او اذا وضع فيه لحم او بيض على روف معدني

نجا من شدة الحر ولكن لا يشعر بالحر ما دام بعيداً عن الموصلات الجيدة.

وعلى ما تقدم يلفت النظر بالصوف او بطير بالتين لكي لا يذوب .
ويستحار لبس الكتان صيفاً والصوف شتاء لان الكتان موصل جيد
فينقل حرارة الجسد ويبرده والصوف موصل رديء فلا ينقل حرارة
الجسد ولذلك يدفئه . واذا وضعت بلاطة على بساط في محل ما كانت ابرد
من البساط لانها اجود منها ايضاً . واذا المسنا جسماً ابرد سلب حرارته
فنقول انه بارد واذا المسنا جسماً احر مناسلبنا حرارته فنقول انه حار .
فاعتبارنا لحرارة الاجسام وبرودتها متوقف على جودتها ورداءتها
في الاتصال

(٢٩٢) حمل الحرارة : الحمل انتقال الحرارة على الاجسام
بواسطة دويران دقائقها وهو اما في السائلات او في الغازات
ولا يكون في الجوامد



الشكل ٢١٨

اما في السائلات فيتضح مما يأتي : ضع مسحوق
الكهرباء في وعاء فيه ماء بارد فيعوم فيه لان ثقله
النوعى كثقل الماء النوعى . ثم اذ اوضع الوعاء على
لهيب القنديل الكحولى تمدد الماء الاقرب الى اللهب
ونحن فيصعد ويهبط ماء ابرد واثقل منه الى مكان
وهذا يتمدد ويخف وهلم جرا فتمت الحرارة من

اسفل الماء الى اعلاه بدويران دقائقه السخنة جارية من الاسفل الى الاعلى
والباردة من الاعلى الى الاسفل كما ترى في الشكل ٢١٨

واما في الغازات فيتضح مما يأتي : افتح باب غرفة دافئة بعض
الفتح وضع شمعة متقدة في اعلاه فينحرف لحيبها الى الخارج لان هواء الغرفة
حار فتصعد دقائقه كما تصعد دقائق الماء الحار وتخرج من اعلى الباب
فينحرف مجراها لحيب الشمعة الى الخارج . ثم ضع الشمعة في اسفل الباب

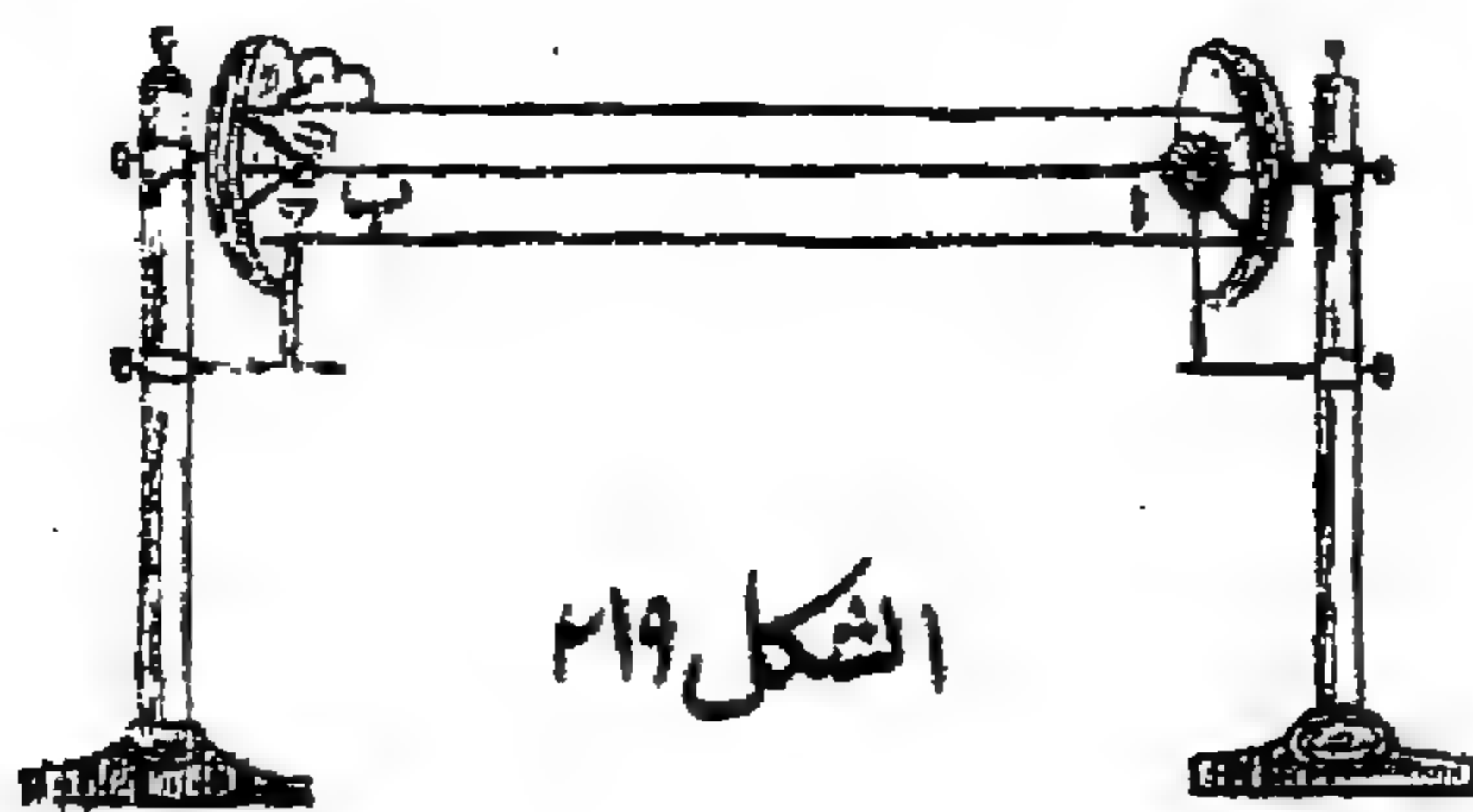
فينحرف لهيبها إلى الداخل لأن هواء الخارج أبرد وأثقل من هواء الغرفة
فتجرح دقائقه إلى الغرفة من الأسفل ويجرح عجلها لهيب الشمعة؛ وعلى هذا
المبدأ يتجدد هواء الغرفة. وتضرم النار في الوجاقات. فان هواء الغرفة
البارد يدخل الوجاق من بابه فيشعل ناره ثم يسخن فيتمدد ويحمل الدخان
ويصعد به من الأنابيب الوجاق؛ وعلى مبدأ حمل الحرارة تحدث تيارات الماء و
تهب رياح الجلد كما سيذكر

(٢٥٥) اشعاع الحرارة؛ الاشعاع إيصال الحرارة بسير شعاعها
في خطوط مستقيمة. فاذا وقفنا بجانب النار شعرنا بحرارتها لأنها
توصل حرارتها إلينا في شعاع مستقيمة كما ترسل نورها إلينا
كذلك. وعلى هذا المنوال توصل الشمس حرارتها إلى
الأرض

وما دامت الحرارة مارة في أوساط لا تمنعها من المرور فيها لا توصل إليها شيئاً
من حرّها وأما إذا وقعت على معارض يصدّ أمواجها عن المرور فيه فتوصل
حرّها إليه وتحميه. ولذلك تنفذ حرارة الشمس الفضاء ولا تحبسه وينضج
اللحم بأشعاع الحرارة تحته ولو كان الهواء حوله درجة الجليد؛ ولا يقتصر
اشعاع الحرارة على الأجسام النيرة كالشمس والنار بل يعم كل الأجسام
فالابريق المملآن ماء سخناً يشعّ حرارة إلى كل الجهات والمملآن ماء
بارداً يشعّ حرارة أيضاً ولكن أقل مما يشعّ ذلك. وكلما بعدت
اشعة الحرارة عن الجسم الذي يشعّها قلت كثافتها كربع بعدها عن فاذا
بعدت ذراعين صارت كثافتها ربع ما كانت عليه على بعد ذراع
واحدة فقط كما مر في النور (عد ٢٥٢)

(٢٥٨) انعكاس الحرارة؛ إذا أشعت الحرارة من جسم
إلى آخر انقسمت عادة إلى قسمين أحدهما يدخل الجسم فيمتصه

ويضع درجة حرارته او ينفذه والاخرين عكس عنه كما يتعكس

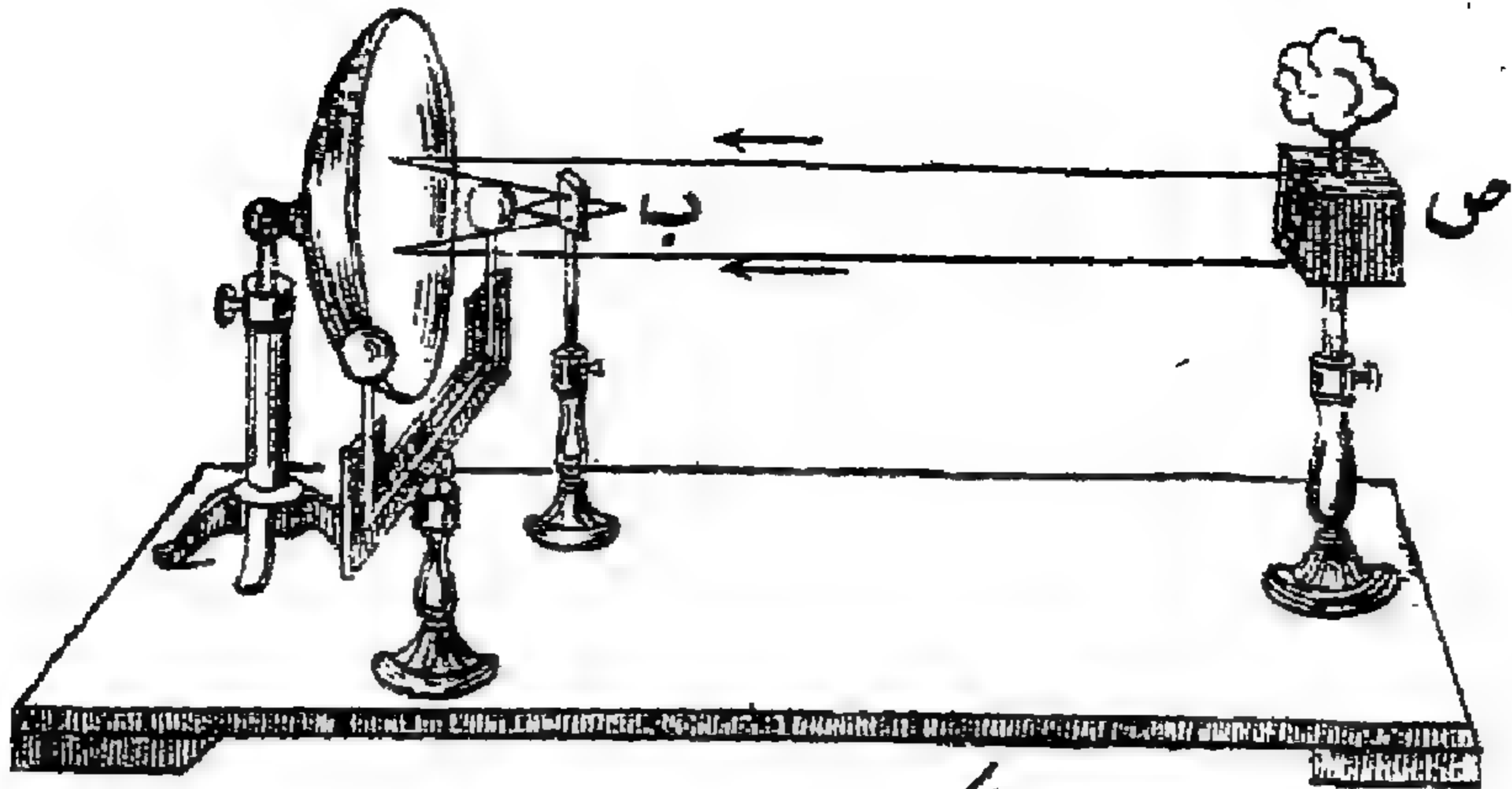


الشكل ٢١٩

الجسم المرن عن الحائط. وهذا الانعكاس يجري على ناموس
انعكاس لنور عن ان زاوية الوقوع تعدل زاوية الانعكاس (عد ٢٥٦)
ولبيان ذلك ضُيْع مرأتين مقعرتين الى احد قبال الاخرى
(الشكل ٢١٩) وعلى بعد عشرة اذرع منها وضع جسما ميا في البؤرة الرئيسة
لاحداهما وجسم اسنج الاشتعال كالبارود في البؤرة الرئيسة للآخرى.
فيشتعل البارود لان الجسم الحامي اشع حرارته الى كل الجهات فانعكس
بعضها متوازيا عن المراة القريبة منه (عد ٢٦٢) ثوانعكس عن
المراة القريبة من ب وتجميع على ب فاشعله. ولو لم تكن الزاوية التي
انعكست عليها الحرارة عن المراة الثانية مساوية للزاوية التي انعكست
عليها عن المراة الاولى لم تجتمع في البؤرة الرئيسة للمراة الثانية
ولو تشعل البارود. وقد مر الكلام في النور عن كل ما يلزم ذكره
في انعكاس الحرارة فلا حاجة الى اعادته هنا

(٢٦٤) قوة الاجسام على عكس الحرارة بين الاجسام
تفاوت في عكسها للحرارة فبعضها يعكسها اكثر مما يعكسها
البعض الآخر. وقد تقدم ان الحرارة التي تقع على الجسم
تنعكس عنه وتمتص به اذ لو تنفذ منه فكل ما يعكسها كثيرا
يمتصها قليلا وكل ما يعكسها قليلا يمتصها كثيرا

وقد اوضح لي كيف تعرف كمية الحرارة المنعكسة عن الاجسام
كما يأتي: ملاء كعباً من النك ص (الشكل ٢٢) ماء غالياً ووضعه



الشكل ٢٢

امام مرآة مقعرة بحيث اذا وقعت شعاع الحرارة منه على المرآة تنعكس
الى بؤرتها ب. ثم وسط بين المرآة وبؤرتها صفائح مربعة من الورق
والزجاج والحديد والنحاس وغيره مساو اذ ان يعرف قوة عكسه
للحرارة ووضعه بحيث ان كل واحدة منها تعكس اشعة الحرارة الى
بؤرة اخرى امامها. ووضع في هذه البؤرة احد بلوسى ثمومتر التفاوت
فاستدل منه على درجة الحرارة المنعكسة عن كل صفيحة. فوجد ان صفائح
النحاس الاصفر الصقيل تعكس الحرارة اكثر مساو لها وصفائح الفضة
تعكسها في عكس النحاس الاصفر والقصدير والزجاج بل و الصفائح
المدخنة او المبللة بالماء لا تعكس شيئاً بل تمتص الحرارة كلها

(٢٠٤) امتصاص الحرارة اذا لم يعكس الجسم الحرارة ولم يمكنها
من النفوذ فيه يمتصها اي انه يبطل حركة امواجها. وبين الاجسام
تفاوت في امتصاص الحرارة. وقد اوضح لي كيف يعرف مقدار
امتصاص الجسم للحرارة كما اوضح كيف يعرف عكس الاجسام للحرارة
(عد ٢٩٩) الا انه وضع بلوسى ثمومتر التفاوت في بؤرة المرآة

ولبسها الأجسام التي اراد ان يعرف مقدار امتصاصها فوجد انه اذا لبسها بيا او رطبها بالماء يرتفع الثرمومتر اعظم ارتفاعه واذا لبسها ورق المعادن الرقيق ولا سيما ورق الفضة يهبط اعظم هبوطا فحق بذلك ان اجود الاجسام لعكس الحرارة اثرها لا امتصاصها وارادها لعكس الحرارة اجودها لا امتصاصها

(٣٤٤) قوة الاجسام على اشعاع الحرارة وقد اوضح في المذكرة كيف يعرف مقدار اشعاع الاجسام لحرارتها وذلك انه عرّس بلبوس الثرمومتر (الشكل ٢٢٠) واللبس اوجه المكعب ص بالأجسام المار ذكرها فكان يلبس وجهها زجاجا مثلا ووجهها الآخر هبابا واخر ورقا ابيض ويترك الرابع على ما هو. ثم اراد ان كل وجه منها نحو ليرة ونظر الى الثرمومتر امامها. فوجد كذلك ان الوجه الملبس الهباب يرفع الثرمومتر اعظم الارتفاع ثم الملبس الورق ثم الزجاج ثم المعدن. وذلك يوافق قوة هذه الاجسام على امتصاص الحرارة فحق ان اصل الاجسام لا امتصاص الحرارة اصلها ايضا لا اشعاع الحرارة اي لا اخراجها منه. واثبت غيره ان مقدار الاشعاع مناسب لمقدار الامتصاص

(٣٤٥) الاسباب التي تؤثر في قوة الاجسام على الاشعاع والعكس والامتصاص قلنا ان اشعاع الاجسام للحرارة مناسب لامتصاصها لها وان امتصاصها للحرارة معاكس لعكسها لها فكل ما يزيد الاشعاع والامتصاص يقلل العكس وكل ما يزيد العكس يقلل الاشعاع والامتصاص. وكما ان بعض الاجسام اصلها من غيرها للعكس وبعضها اصلها للاشعاع والامتصاص كذلك الجسم الواحد يكون احيانا اصلها للاشعاع والامتصاص

وأحيانا يصلح للعكس حسبما تكون حالته من الصقالة والخشونة والكثافة وحسب ميل اشعة الحرارة الى اقلعة عليه وطبيعة مصدر الحرارة. اما الصقالة فلانها يقطع النظر عن باقي الصفات المذكورة تزيد عكس الحرارة وتقلل اشعاعها وامتصاصها. واما الخشونة فلانها يقطع النظر عن الصفات المذكورة تعمل عكس عمل الصقالة اي تقلل عكس الحرارة. واما ميل الاشعة فلانه كلما قربت الاشعة الى العسود زادت قوة الاجسام على الامتصاص ولما كانت اشعة الشمس تقرب صيفا الى العسود في وقوعها على الارض وتخرق شتاء عنه كان الامتصاص في الصيف عظيما والحر شديدا وكان الامتصاص في الشتاء قليلا والحر ضعيفا. واما كثافة الجسم المشع فلانه اذا اشعل غاز الهيدروجين كان اشعاعه ضعيفا جدا لانه لطيف مع ان حرارته شديدة ولذلك اذا وضعت فيه شريطة من الپلاتين فعند ما تصير حرارته تشع حرارة كثيرة. ولهذا السبب يشع ضوء الزيت حرارة اعظم مما يشع ضوء الهيدروجين مع ان ضوء الهيدروجين احمر من ضوء الزيت لان الزيت يحتوي كربونا بزيادة فمما لا يكسل احتراقه في اللهب يحمر فيه الى الانارة. واما طبيعة مصدر النور فيظهر تأثيرها اذا البست صفيحة رصاصا ابيض وقربت من قنديل ومن مكعب فيه ماء سخن حرارته كحرارة القنديل فانها تمتص من حرارة المكعب ضعف ما تمتصه من حرارة القنديل. واما اذا البست هبأبا عوضا عن الرصاص وقربت من القنديل والمكعب فتمتص مقدار واحد من حرارة المصدرين

(٣٤٣) فوائد الاشعاع والعكس والامتصاص في الاجسام

البيضاء كالقطن والجوخ والصوف ونحوها من المواد النباتية والحيوانية تعكس اشعة الحرارة الواقعة عليها من جسم منير كالشمس اكثر مما تمتصها بخلاف الاجسام السوداء ولذلك يفضل لبس الوردية البيضاء صيفاً. اذا اريد ابقاء الماء سخناً زماناً يوضع في وعاء صقيل لامع من الخحاس او نحى لانه لا يشع الا قليلاً من حرارة الماء. ان الثلج يعكس الحرارة كثيراً ويشعها وامتصاصها قليلاً فاذا غطى المزروعات وقاها من الصقيع واذا كان فيه ثخم او حطب او جسم اخر اسود اللون ذاب (الثلج) سريعاً من حوله بالحرارة التي تمتصها ذاك الجسم الغريب. يجب ان تكون القدر اسود او خشنة من الخارج فيكثر امتصاصها للحرارة ويسخن ما فيها سريعاً. اذا كان العنب او غيره بقرب حائط اسود اللون نضج باكراً لان الحائط يمتص كثيراً من الحرارة ويشعها اليه فيسخنه وينضجه بها. ان الزبوات والاجسام الدهنية تعكس الحرارة كثيراً وامتصاصها قليلاً. فيدّهن سكان الاصقاع الشمالية لتحفظ حرارتهم عليهم فيدّفاوا ويدّهن بها سكان البلاد الحارة لكي لا تمتص اجسادهم حرارة من الخارج وتسخن في تقضّ غرضين متضادين وقس على ما ذكرنا لمزيد كثر

(٢٠٩) نفوذ الحرارة ان النور ينفذ كل جسم شفاف ولو اختلفت مصادره واما اشعة الحرارة فلا تنفذ كل جسم شفاف اذا اختلفت مصادرها فحرارة الشمس تنفذ كل الاجسام الشفافة كالنور واما الحرارة المشعة عن جسم في الارض فسواء كانت منيرة او مظلمة لا تنفذ بعض الاجسام الشفافة. وقد تقدم (عد ٢٠٨) ان الوسط الذي تنفذ

المدوس لا ولية في الفلسفة الطبيعية سم. سم. الباب التاسع الفصل الثالث في اتصال الحرارة.

الحرارة يقال له دياثرمي والذي لا تنفذ يقال له أثريسم .
والآن نقول ان الوسط الواحد قد يكون دياثرميا لحرارة
أتية من مصدر واثرميا لحرارة أتية من مصدر آخر فالزجاج
العاليم اللون دياثرمي لحرارة الشمس فتنفذ كما ينفذ النور
واثرمي لحرارة النار وعلى الخصوص من حرارة مكعب لسلي
(عد ٦٩ سم). والماء تنفذ حرارة الشمس يسيرا ولا تنفذ
حرارة مكعب لسلي -

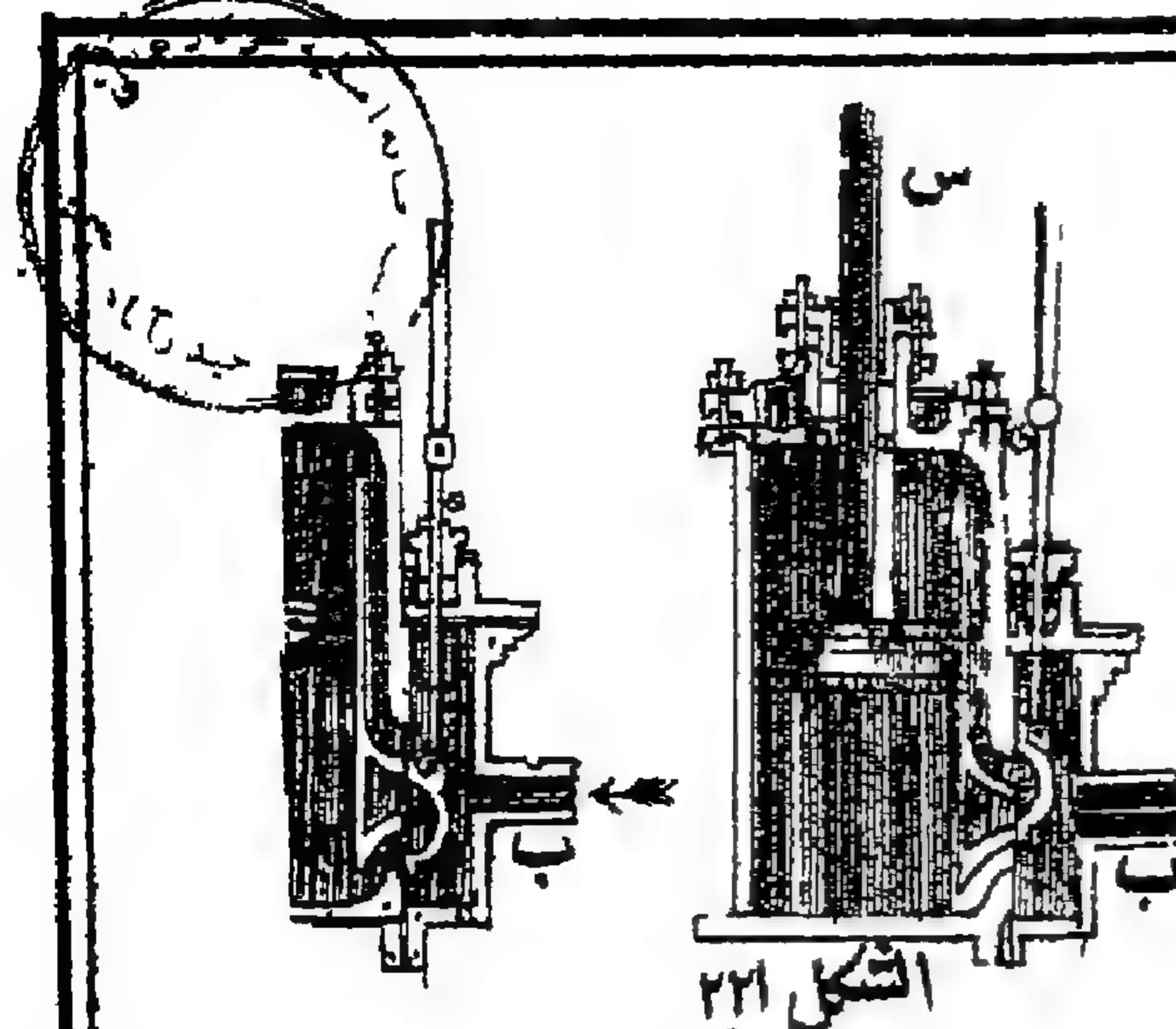
وعلى ذلك تنفذ حرارة الشمس الهواء والبخار المائي الذي فيه ونزجاج النوافذ
تحميها الأرض وما عليها وتشعها امواجاً مظلمة طويلة بطيئة فلا تستطيع والحالة هذه
ان تنفذ بخار الماء في الهواء بل تجس فيه لتدأ بها المخلوقات الأرضية . ولو من ال
البخار المائي من الهواء لكثرت اشعاع الأرض للحرارة واشتد زهرها حتى لم تعد
تصلح لدوام حياة ما عليها من المخلوقات الحية . فان الصحراء قد يحدث فيها
الجليد ليلامع كل حرمانها لانها تشع حرارتها اشعاعاً مقرباً بسبب جفاف
هو انها وهذا الاشعاع التابع لجفاف الهواء سبب من اسباب البرد على الاعلى
العظيمة والجبال الشائخة -

الفصل الرابع

في الآلة البخارية

(٣٤٥) قوة مرونة البخار الساخن، البخار الساخن جسم مرن
فاذا انخرط الماء العالي من وعاء مكشوف كانت قوة مرونته مساوية لضغط
الهواء أي ٥ المير على لقيراط المربع (عد ١٢٥) وما اذا سد الوعاء
فانحصر فيه البخار ايتيسر لمان يتمدد بارتفاع درجة الحرارة في مائه
فتزيد مرونته جداً على نسبة اعظم من نسبة ارتفاع الحرارة
لانه اذا ارتفعت درجة الحرارة من ٢١٢° ف الى ٢٥٠° ف فقط
زادت قوة المرونة في البخار مساوي جداً واحد الى ما يساوي جدين
واذا ارتفعت الحرارة الى ٢٤٥° فقط ساوت قوة مرونته ثلاثة اجلاد.
واذا ارتفعت الحرارة الى ٣٠٠° ساوت قوة مرونته خمسة اجلاد.
اذا ارتفعت الحرارة الى ٣٥٠° ساوت قوة المرونة عشرة اجلاد. واذا
ارتفعت الحرارة الى ٣٩٣° ساوت قوة المرونة خمسة عشر جلد. واذا
ارتفعت الحرارة الى ٤١٨° ساوت قوة المرونة عشرين جلد واهل جراً.
فيكون مقدار زيادة الحرارة اقل جداً من مقدار زيادة قوة المرونة
ولذلك اذا انحصر البخار وزيدت الحرارة ازدادت قوة مرونته
ازدياداً عظيماً فيضغط جدران الاناء المحصور فيه حتى يشققها
ويزقها كل مسزق اذا لم يجد منها منفذاً. وعلى قوة مرونة البخار
هك مدار الآلة البخارية كما ستري.

(٣٤٦) الآلة البخارية، الآلة البخارية اسهل كل آلة
تستعمل فيها قوة مرونة البخار لتحريك الاجسام وقضام
الاعمال. وهي على صور شتى لاضابط لها ولكونها
لا تخاف من ان تكون عالية الضغط اوسافلة الضغط.
فالعالية الضغط هي التي تزيد قوة مرونة البخار فيها عن
٥ اليبر للقيراط المربع ويقلت البخار منها الى الهواء



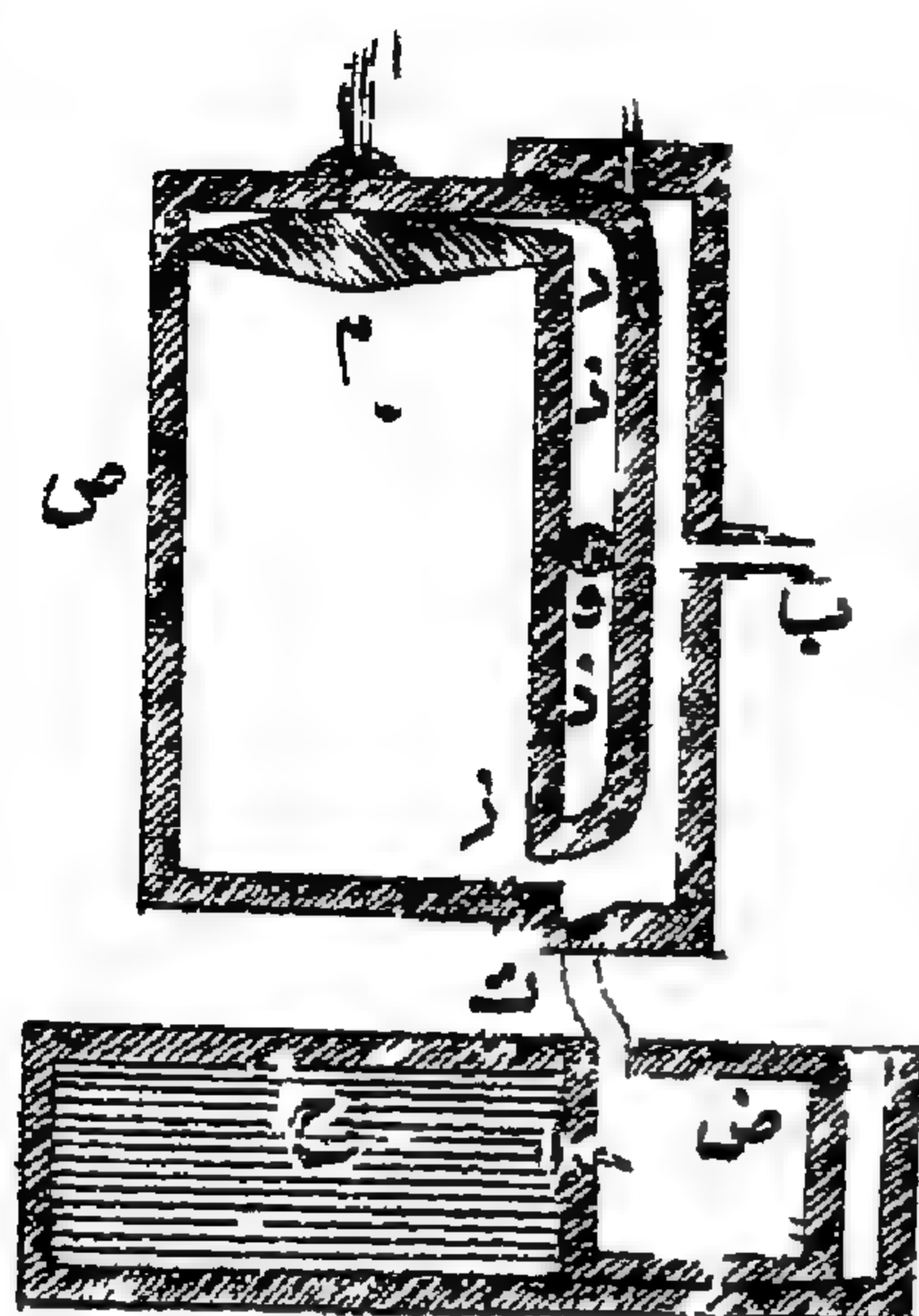
بعد استعماله. والسافلة
الضغط هي التي لا تزيد قوة
مرونة البخار فيها كثيراً
عن ٥ اليبر للقيوط المربع
عادة ولا يفلت البخار منها
الى الهواء بعد استعماله

بل يستعمل في وعاء بالماء البارد كما سيأتي (عد ٨٤٨)
(٨٤٤) اسطوانة الآلة البخارية في الاجزاء الجوهرية التي لا بد
منها في الآلة البخارية خلقين يُعْطى الماء فيها ليتصاعد عنه البخار
واسطوانة يدخل اليها البخار ومدك يصعد وينزل في الاسطوانة
يا حكام بقوة مرونة البخار. ترى صورة الاسطوانة والمدك
س في الشكل ٢٢١ فهذه الاسطوانة مثقوبة من جانب
من جوانبها ثقبين احدهما في الاعلى والاخر في الاسفل . و
مدكها س يصعد وينزل فيها با حكام تام . وهذه الحركة
اي صعود المدك ونزوله هي كل ما يطلب الحصول عليه من
الآلة البخارية ولذلك يقتضيه ايضاح الحصول عليها بالتفصيل
اذا علمت النظر في القضيب هر آيته منتهياً من اسفله بقوس . فهذا
القضيب وقوسه يسميان معاً المصراع المزخلق لانه يتزخلق على جانب
الاسطوانة فيسد تارة الثقب الاعلى كما ترى عن يمين الشكل وطور الثقب
الاسفل كما ترى عن يسار الشكل . ثولنفرض ان البخار تصاعد
عن الخلقين مرناً جداً وجري في الانبوبة ب في جهة السهم فيدخل
اولاً الى غرفة البخار وهي الغرفة التي فيها المصراع المزخلق . ولنفرض
ايضاً ان المصراع المزخلق اخذ في الارتفاع بحيث يسد الثقب الاعلى

ويفتح الثقب الأسفل كما ترى عن يمين الشكل وان المدك في أسفل
الاسطوانة. فالبخار يجري من غرفة البخار الى أسفل الاسطوانة من ثقبها
الأسفل ولا يجري الى أعلى الاسطوانة لان المصراع المزحل يقترض بينه و
بين ثقبها الأعلى. ولا يزال يتجمع في أسفل الاسطوانة تحت المدك حتى
تصير قوة مرونته كافية لرفعه فيرفعه. وقبلما يبلغ المدك أعلى الاسطوانة
ينزل المصراع المزحل فيسد الثقب الأسفل ويفتح الثقب الأعلى. فيخرج
البخار حينئذ من غرفته الى أعلى الاسطوانة من ثقبها الأعلى ويقتصر
عن الثقب الأسفل لان المصراع المزحل حائل بينهما. ولا يزال البخار
يتجمع في أعلى الاسطوانة فوق المدك حتى تصير قوة مرونته كافية
لأنزله. فينزل المدك في الاسطوانة وتحت فراغ لان البخار الذي تحته
يخرج من الثقب الأسفل الذي دخل منه ثم يرتفع المصراع المزحل فيفتح الثقب
الأسفل ويسد الثقب الأعلى فيدخل البخار الى أسفل الاسطوانة ويرفع
المدك. فيرتفع المدك وفوقه فراغ لان البخار الذي فوقه يخرج
من الثقب الأعلى الذي دخل منه. وعلى هذا الأسلوب يصعد المدك
وينزل في الاسطوانة بقوة البخار فتحصل الحركة المطلوبة

واما البخار الذي يخرج من الثقبين فيجتمع ضمن قوس المصراع المزحل
ويجري في انبوبة من تجويف هناك الى حوض ماء بارد حيث يتكاثف ويسيل

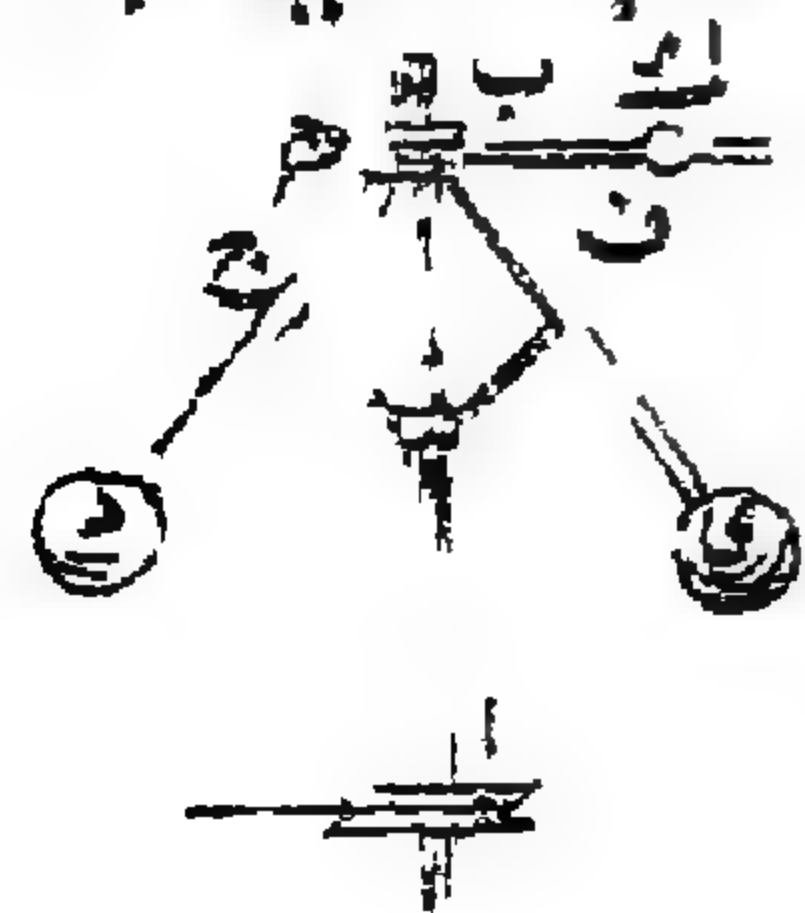
(١) هذا يكون في الآلة المسافة الضغط واما الآلة العالية الضغط فالبخار
يطرد فيها من تحت المدك ومن فوقه الى الهواء. وبما انه يكون اتصال بين الهواء
وبين البخار الذي تحت المدك والذي فوقه فالمدك لا يرتفع ولا ينخفض ما لم
يقاوم ضغط الهواء ايءا اليدرا على القيراط المربع فتكون قوة مرونة البخار
الذي يرفع المدك او ينزله في الآلة العالية الضغط اعظم من قوة البخار في الآلة
المسافة الضغط بجل واحد. ولذلك سميت عالية الضغط



الشكل ٢٢٣

ويتضح من هذا الشكل ٢٢٢ ب انبوبة
البخار ووص الاسطوانة وم المدك
و ذذ المصراع المزحلقي في غرفة البخار
ود الثقب الاعلى في الاسطوانة والثقب
الاسفل و والتجويف الذي يخرج البخار
اليه و ك الانبوبة التي يجري البخار فيها
من التجويف ووض حوض الماء البارد
الذي يتكاثف البخار ويسيل فيه
وسمي الضاغط ووض الحوض الآخر للماء
البارد يحيط بالضاغط ليبقى ماءه بارداً
وليمدّه بالماء البارد من الحنفية ل

(٣٤٨) الخلقين واما الخلقين فتكون غالباً اسطوانة
كبيرة على اشكال متعددة حسب ما تستعمل له والمعتاد
في ما كان متقناً منها ان تمتد في داخله اذنايب تخرج اليها
حرارة النار ويصب الماء حول هذه الاذنايب فيتحول في
الخلقين الى بخار تتراد قوة مرونته بانحصاره فيها ويخرج
منها في انبوبة البخار حتى يصل الى الاسطوانة كما تقدم.
ويصب الماء في الخلقين بطلسياً ترفعه من الضاغط بعد ان
يسخن فيه. وان لم يكن لها ضاغط تصب الطلسياً الماء فيها بارداً

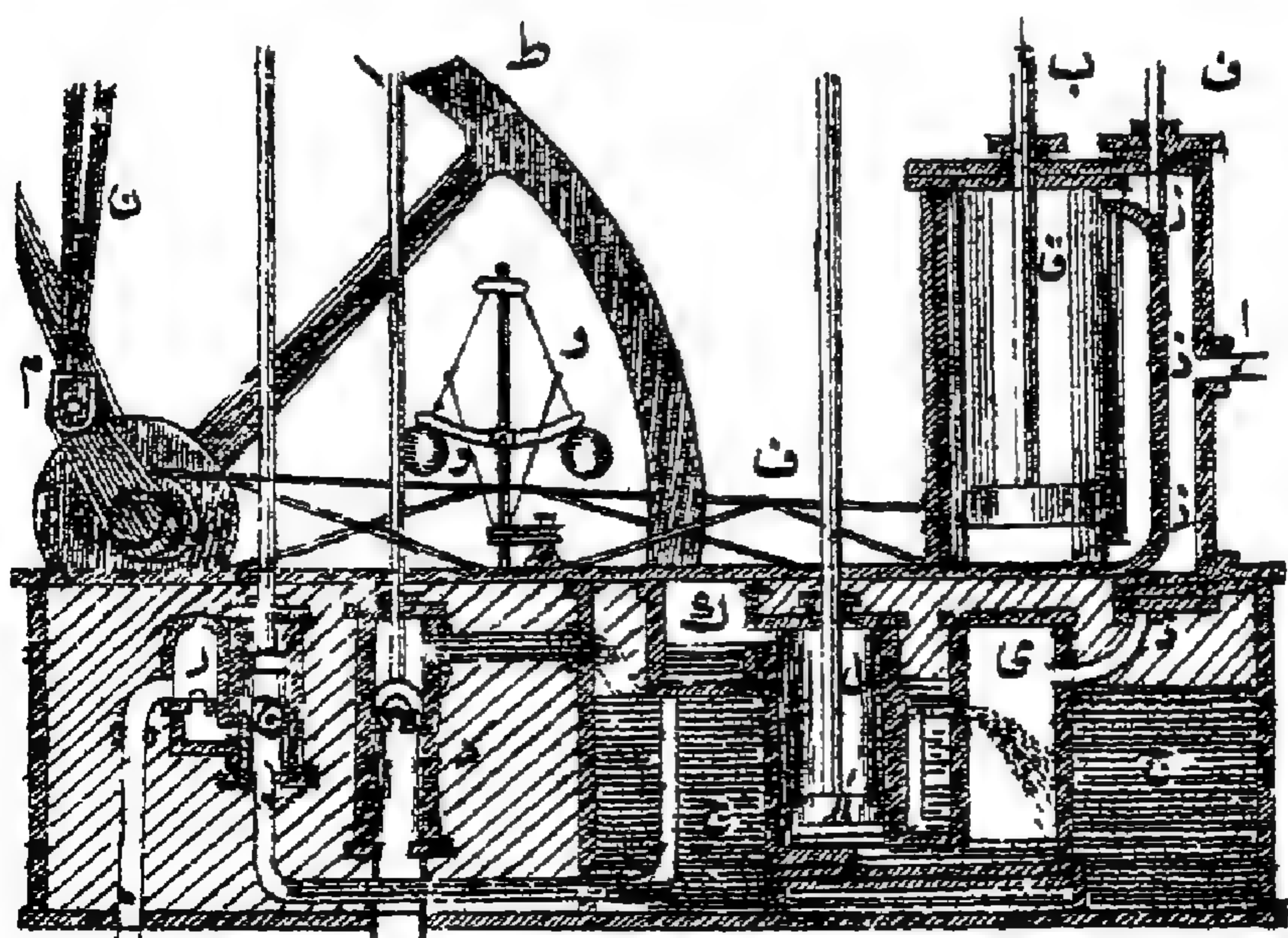


الشكل ٢٢٣

(٣٤٩) الوالى من الادوات المهمة في
الآلة البخارية الوالى (الشكل ٣٤٩) والغرض
منه تعديل حركة المدك في الاسطوانة
وهو مركب من كرتين دوى متصلتين

بزندين ف وج وتدوران على المحور ا ب . وهذا المحور متصل بمصراع في انبوبة البخار . فاذا كثر البخار داخل الى اسطوانة المدك بحيث يحرك المدك تحريكاً سريعاً اسرع دوران الكرتين ايضاً فتباعدان بقوة التباعد عن المركز وتدوران المصراع المذكور بحيث يحول دون دخول البخار فلا يمر منه الا مقداراً كافياً ولذلك تقل السرعة عما كانت . واذا قل البخار داخل الى الاسطوانة قلت سرعة المدك وسرعة دوران الكرتين في الوالى ايضاً فتدوران المصراع بحيث يفتح السبيل للبخار فيدخل منه الى الاسطوانة ما يكفي لجعل سرعة المدك بقدر المطلوب

فهذه اشهر اجزاء الآلة البخارية ويلحق بها اجزاء اخرى كثيرة لا غرض شتى نذكرها بنين كيفية استعمال حركة المدك لقضاء الاعمال في وصف الشكل الآتي : وهو صورة الآلة البخارية سافلة الضغط . انبوبة البخار ترى فيها المصراع الذي يضيق به الوالى مدخل البخار ويوسع



الشكل ٢٢٢

وزن المصراع المزحل في انبوبة البخار. ودد الانبوبة التي تحمل البخار الخارج من الاسطوانة الى الضاغطة ول طلبا سحب الماء الساخن من الضاغطة وتصب في حوض ك. وح طلبا اخرى سحب الماء الساخن من ك وتصبه في رفجري من ر الى الخلقين. وج ج حوض الماء البارد المحيط بالضاغط والذي يمد بهائه. وذ طلبا يسحب بها الماء البارد من البئر ونحوها ويصب في الحوض ج ج. ووالى وهو متصل بالمصراع في انبوبة البخار في ليعدل الحركة. ويوجد ايضا تقايح اخرى كمصاريح الامن والحق امة لمرتعرض لذكرها. وكل ذلك لا محل لذكر التدبير لمحركه قضيب المصراع المزحل هنا

ويتصل قضيب المدك من اعلاه بجسريقال له جسر الحركة وهذا الجسري يرتكز فوق عمود من هنا في الآلة وعمود من هناك عند وسطه على محور و طرفاه يتحركان على ذلك المحور الى فوق وإلى اسفل على التوالي ولم يوسر في الشكل ويكون اتصال المدك به على شكل انه كلسا صعدا لمدك ونزل يتحرك الجسر على محور مرة واحدة اذ يرفع احد طرفيه وينزل فينزل الآخر ويصعد. ويتصل بالجسر ايضا قضبان الطلمبات الثلاث ل و د وح فتتحرك بحركته. ويتصل به ايضا دولاب الحركة بواسطة فيدور بدورانه. وفأثاق هذا الدولاب الكبير انه كلسا انقطع المدك عن الحركة بين صعوده ونزوله ونزوله وصعوده يبقى هو متحركا باستمرار فيتحرك الجسر الحركة على الدوام. وتلق حول جسر الحركة وحول دوايب الآلات اخرى سيور من الجلد فتوصل حركته الى الدوايب والدوايب توصل حركته الى دوايب اخرى اما راسا او بواسطة. فتتحرك بحركته دوايب كثيرة لقضاء اغراض شتى

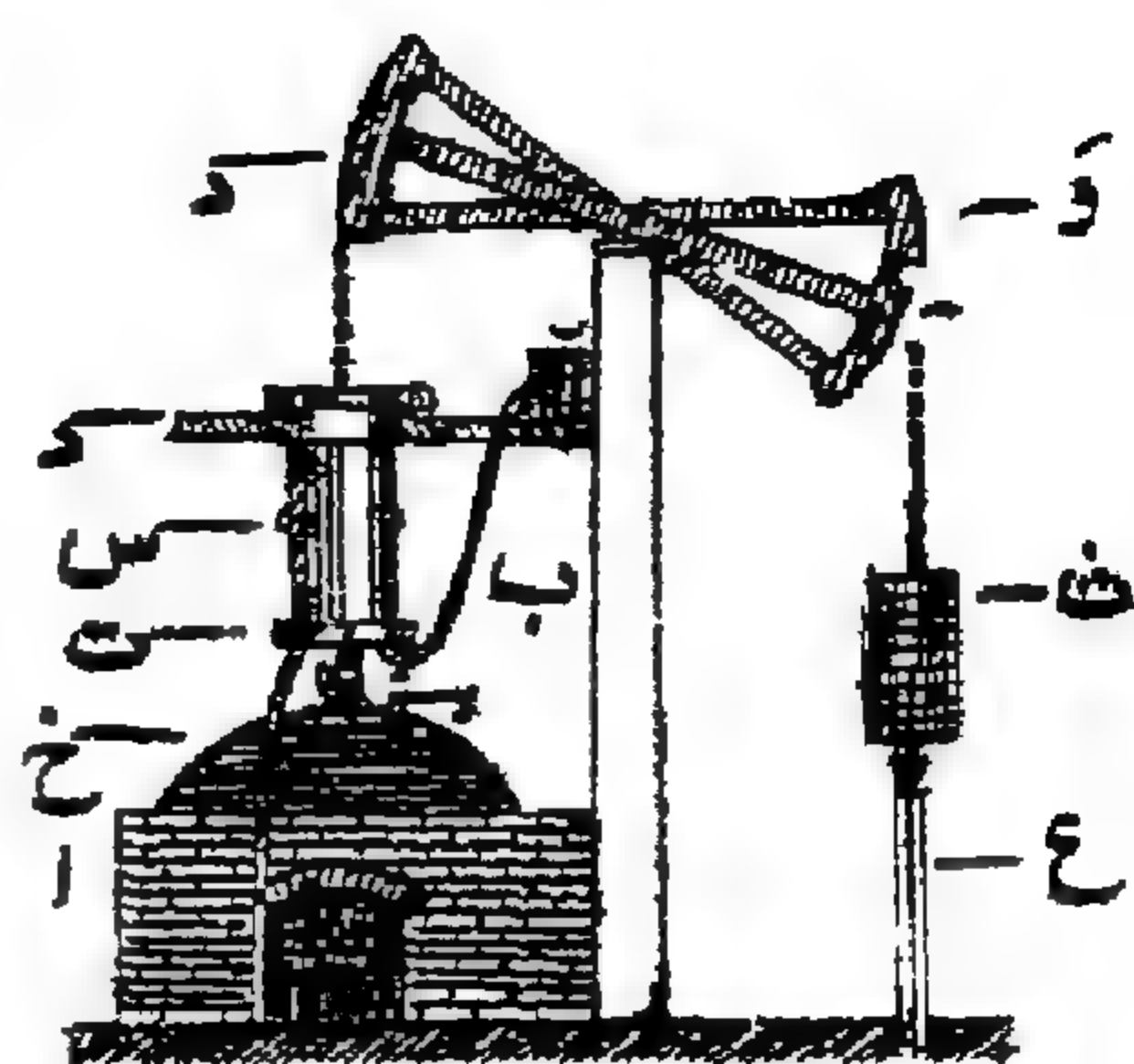
(٣٨٠) عمل الآلة البخارية وقوتها ان مقدار العمل اي قوة العمل او زخمه في الآلة البخارية هو مبلغ العمل الميكانيكي في وقت مفروض والوقت المصطلح عليه غالباً في العرف العام هو ثانية . ومقادير العمل تقاس بقوة حصان فيقال عن الآلة ما ان هذه الآلة قوة حصانين مثلاً ويعني بذلك ان قوتها التي تشد بها تساوي قوة حصانين . اما قوة الحصان المعتدلة فقد عين لها الانكليزي في اصطلاحهم ٥٥٠ ليبرا قدمية ومعنى الليبرا القديمة رفع الليبرا من الشغل قدماً واحدة في ثانية . واما في فرنسا فهي قوة رفع ٥٠٠ كيلو كرام متراً واحد في ثانية وذلك يساوي ٥٣٢ ليبرا قدمية في الثانية اقل قليلاً من قوة حصان عند الانكليزي فتكون قيمة الكيلو كرام المتري ٣٣٣ ١/٣ ليبرا قدمية لان ٥٣٢ = ٤٥٨ ١/٣ تقريباً . فاذا اردنا ان نعرف قوة العمل الذي تعمله الآلة البخارية فنضرب معدل ضغط البخار على المداك (اي بخار الخلقين متصلاً بخار الضاغط كما رأيت في الآلة) في مساحة المداك في على الاسطوانة في عدد الدكاك (مرورات المداك من طرف الى طرف في الاسطوانة) مدة وقت مفروض فالحاصل الاخير هو قوة الآلة في ذلك الوقت . لنفرض مثلاً ان الآلة بخار تشتغل بضغط ١٢ أجلكم والضغط في الضاغط نصف جلد فالمعدل جلد واحد يعدل ٢٤ ليبرا على كل قيراط مربع (عدد ١٦٥) ولنفرض مساحة المداك ٥ قيراط مربعاً (القدم الانكليزية ١٢ قيراطاً ومربعها ١٣٨ قيراطاً مربعاً) وعدد الدكاك المزودة ٤٠ في الدقيقة اي ٢٠ دكة مفردة وطول الدكة ٢ قيراطاً تكون قوة الآلة المذكورة ١٢

نحسبها يساوي $١٢ \times ٥٠ \times ٤٥ = ٢٧٠٠٠$ اليبراقدمية
في الدقيقة

ولكن الفعل الحقيقي للآلة المعول عليه هو ٥٠ الى ٤٠ ما ينتج
بعملية الحساب التي مرتفصيلها فتخرج من قوتها ما بين ٥٠ الى ٣٠ بسبب
الاحتكاك في الآلة الذي لا بد منه وبأسباب أخر. ومعدل الخسارة ٢٠
والباقي من القوة نحو ٤٠ فتكون القوة الحقيقية في الآلة المتقدم ذكرها ٨٨٠٠
ليبراقدمية في الدقيقة وذلك $٢٧٠٠٠ = ٢٤٠$ اليبراقدمية في الثانية او
بـ ٢ قوة حصان تقريباً

(٣٨١) تاريخ الآلة البخارية ان استعمال البخار لقضاء الاعمال
قديم بحسب من ايام هير و قبل المسيح ٣٠٠ سنة والمظنون ان
بلاسكو الاسباني ساق به سفينة محمولة لها ٢٠٠ طن ثلاثة اميال
في الساعة سنة ١٥٣٣ وهى اول سفينة بخارية. ثم تلاه غيخ من
لهم دخل في اختراع الآلة البخارية الى ان صنع ساقارى الآلة بخارية
لرفع الماء على هذا المبدأ: يجمع البخار في وعاء ثم يصب ماء بارداً
على خارج هذا الوعاء فيبرد البخار الذي فيه تاركاً موضعاً فارغاً
فيجري الى موضع الماء المراد سحبه ويشغل ذلك الفراغ. ثم
يدخل البخار ثانية الى الوعاء فيرفع الماء منه بقوة مرونته ويرفعه الى
مكان اعلى حسب المطلوب وهكذا يقال ان يابن الفرنسوى
كان اول من استعمل المدك في الاسطوانة سنة ١٦٩٠ وانه
صنع اسطوانة عمودية مسدودة من اسفلها ومفتوحة من
اعلاها وانزل فيها مدكاً وكان يدخل البخار اليها فيرفع المدك
ثم يقطع البخار عنها حتى يبرد ويتكاثف البخار الذي فيها ويهبط
تحت المدك فيترل المدك وراءه بضغط الهواء له -

والمحقق انه في سنة ١٧٠٥ اصنع نيوكين وكول الانكليزيان آلة بخارية لرفع الماء بواسطة مدك يصعد وينزل في الاسطوانة كما في (الشكل ٢٢٥):
اتون تو قد فيه النار تحت الخلقين خ فتبخر الخلقين بخاراً يصعد الى الاسطوانة س ويرفع المدك فيرتفع الجانب ومن الجسر المتصل بالمدك بسلسلة ويهبط الجانب وبالثقل ت تهبط معه عصا الطلمبا المراد سحب الماء بها. ثم تسد الحنفية التي يمر البخار فيها من الخلقين خ الى الاسطوانة س وتفتح حنفية في



الشكل ٢٢٥

الانبوبة العليا فيجري الماء البارد من الحوض الذي متصل الانبوبة به و يدخل الى الاسطوانة فيكشف البخار الذي فيها ويسيله فينصب هذا البخار الى الانبوبة السفلى وينزل المدك بضغط الهواء له وينزوله ترتفع عصا الطلمبا ثم يكرر ادخال البخار الى الاسطوانة لرفع المدك وادخال الماء البارد لتزيله كما تقدم واهل جراً. ولا يخفى ان ادخال الماء البارد الى الاسطوانة وراء البخار يبردها فيقتصر احماؤها ثانية وقود ازاى. ولذلك لما عرض تصليح هذه الآلة على جيمس واط الانكليزي سنة ١٧٦٣ او راى ما يقتضيه لها من النفقة عكف على تصليحها وتحسينها وقضى خمسين سنة يغير فيها ويزيد حتى جاء بالآلة البخارية المستعملة الآن. ففتح للتمدن اوسع سبيل لان البخار لم يكن يستعمل قبل زمانه الا لرفع الماء واما الآن فاشهر مراكب البحر ومركبات البر واكثر الآلات تجري بالآلة التي اخترعها وعليها مدار الثروة ورفاهة المعيشة وتحسن الحضارة

فأثرت في سبب الاحتكاك وغيرها من الموانع لا يصفى من قوة البخار بالآلة البخارية

الا ١٠ او ١٠ جزء من كل ١٠٠ جزء اى تخسر نحو تسيم او تسيم من كل القوة

الفصل الخامس

في الظواهر الجوية

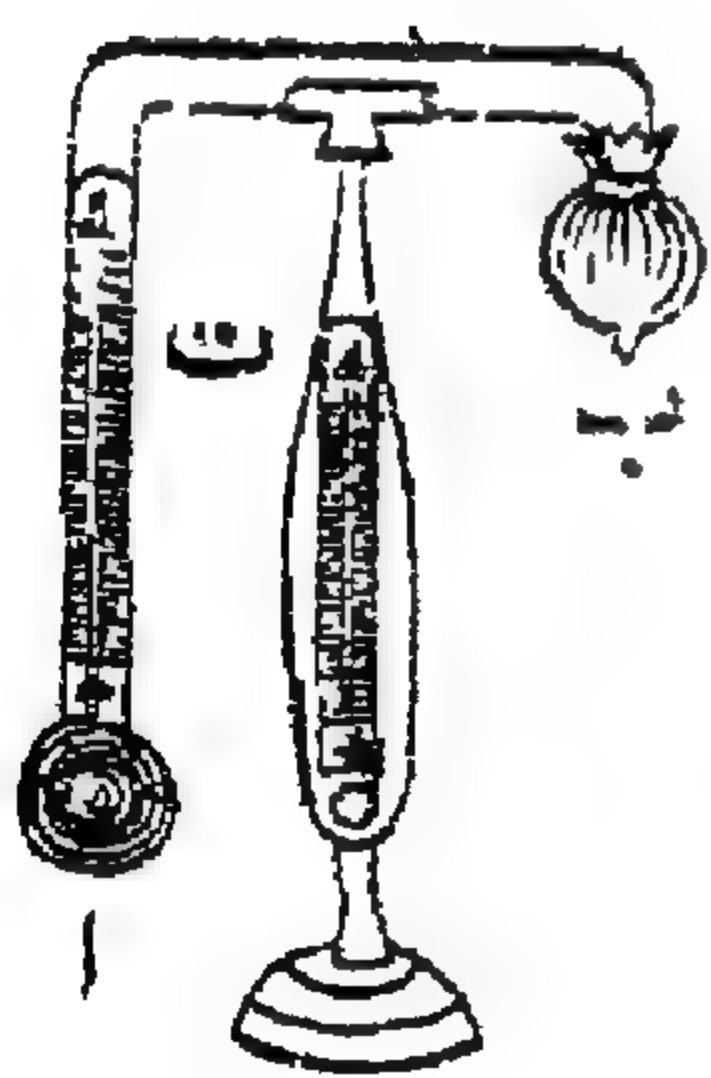
(٣٨٢) الظواهر الجوية وتعرف بالمتغيرات ولوجيا ايضا فنبحث فيه عما يحدث في البحر او في ما يتعلق به من حر وبرد وبرق وريح ونور وغيم ومطر وثلج وبرد وظواهر النور والكهربائية الى غير ذلك. وهو فن يترجم منه النفع العظيم لسلامة والزراعة والاحتياجات الصحية فضلا عن فوائد الفلسفة وسنقتصر في هذا الفصل على بعض ما يتعلق منه بالحرارة فقط

(٣٨٣) اشباع الرطوبة للهواء ان البخار يتصاعد دائما عن الارض ومياها بحرارة الشمس ويتخلل الهواء بقوة مرونته ولذلك لا يخلو الهواء البتة من الرطوبة لان الرطوبة هي بخار الماء عينه. الا ان مقدار الرطوبة ينقص فيه ويزيد ويزيد يادته هذه حد معين اذا بلغت وقفت عند ذلك لان قوة مرونة الرطوبة تصير حينئذ كافية لمنع الماء من التحول الى بخار (حد ٣٨٢) فيقال ان الرطوبة قد اشبعت الهواء لانه لا يسع منها اكثر مما فيه

غير ان هذا الاشباع لا يكون المقدار اللازم له من الرطوبة واحدا على كل حال بل يتغير حسب تغير حرارة الهواء. فاذا كان الهواء مشبعا على ٥٠ فمثلا وارتفعت تلك الدرجة الى ٨٠ لا يبقى مشبعا بل يحتاج الى رطوبة اكثر مما فيه لاشباعه لانه يصير يسع منها اكثر مما فيه. واذا هبطت تلك الدرجة الى ٥٠ تزيد الرطوبة التي فيه كثيرا عن اشباعه فينصر الزائد منها

ويقع مطر وبرد أو ثلج ونحو ذلك. وعليه لا يحدث ندى ولا مطر ولا ثلج ولا برد ما لم تزد الرطوبة عن اشباع الهواء. وعليه ايضا يقال ان هواء محل اربط من هواء محل آخر ولو كانت كمية الرطوبة المطلقة فيه اقل مما هي في الآخر لان رطوبته تعتبر بالنسبة الى اشباعه واشباعه يتغير بالنسبة الى درجة حرارته. فالهواء الذي حرارته ٥٠° ف يشبعه نصف الرطوبة التي تشبع هواء حرارته ٤٠° . ولذلك اذا كان في البارد منها ثلث الرطوبة التي في الحار يكون اربط لانه اقرب منه الى الاشباع. وتسمى هذه الرطوبة المنسوبة الى الاشباع الرطوبة النسبية تميزها عن الرطوبة المطلقة التي يعتبر فيها مقدار الرطوبة من حيث هو بقطع النظر عن الاشباع

(٣٨٢) الهيجرومتر. ودرجة الندى. الهيجرومتر آلة لقياس رطوبة الهواء النسبية (عد ٣٨٣) وهو على اشكال شتى. منها هيجرومتر دانيال وهو انبوبة منحنية (الشكل ٢٢٦) لها في طرفها الواحد بلبوس اسود او في طرفها الآخر بلبوس عليه قطعة من المصليّناب وهي مركبة على عمود عليه ثرمومتر. وفي ساق الانبوبة ثرمومتر آخر ينزل بلبوسه الى ا. ويكون في ا ايشير الى نصفه او ثلثيه ويكون في ب وباقى الانبوبة بخار من ذلك الايشير فقط. ثم تربط قطعة المصليّناب بقليل من الايشير فعند تحوله الى بخار تبرد سريعا (عد ٣٨٤) وتبرد البلبوس



الشكل ٢٢٦

ب. فيبرد بخار الايشير الذي داخله ويسيل وبذلك يرتفع ضغطه عن الايشير الذي في ا. فيتحول بعض هذا الايشير الى بخار يتكثف ايضا في ب من البرد. وكلما تحول بعض الى بخار برد البخار

(الاختفاء جانب من حرارته في البخار) ويبرد البلبوس او البلبوس
 ١ يبرد الهواء المحيط به وتقاس درجة التبريد هذه بالترمو متر
 الذي فيه. ويتكرر العمل على ما تقدم يبرد الهواء المحيط بالبلبوس
 حتى تصير الرطوبة التي فيه اكثر مما يلزم لاشباعه فيتحول
 الزائد منها الى ماء يندى السطح الخارجى من البلبوس احوال
 الاثير الذي فيه. فتقرأ درجة حرارة هذه البلبوس حال
 ابتداء الندى عليه وهي درجة الندى اى الدرجة التى
 اذا هبطت الحرارة اليها حينئذ تشبعه الرطوبة التى فيه ويتحول
 بعضها الى ندى. وتقرأ درجة حرارة الهواء حينئذ بالترمو متر
 الذى على العمود فيعرف الفرق بينهما وبين درجة الندى.
 فكما زاد الفرق بينهما قلت الرطوبة النسبية وكما قل
 الفرق بينهما زادت الرطوبة النسبية

والشائع في الاستعمال الآن الهيجرومتر الرطب البلبوس وهو مصنوع
 على مبد أن الجسم الرطب يزيد تخفيف في الهواء بقدر ما يزيد الهواء جفافاً.
 وله جدول تستعمل به آمنه درجة الندى والرطوبة النسبية والرطوبة
 المطلقة في قدم مكعبة من الهواء ووقوع مرونة البخار

(٣٨٥) حرارة الهواء اذا تغيرت كثافة الهواء تغيرت
 درجة حرارته

فقد تقدم (عد ٣٨) ان الهواء اذا اضُغَط وتكاثف ارتفعت درجة حرارته
 جداً حتى تحرق الصوفانة. ويظهر من مفرغة الهواء عكس ذلك اى ان الهواء
 اذا تمدد فتلطف في القابلة هبطت درجة حرارته وتحولت الرطوبة التى
 فيه الى ضباب من البرد. ولذلك اذا سخن الهواء على سطح الارض و
 صعد الى الجو يتلطف فيبرد بسبب لطافته ويتكاثف البخار الذى فيه

من البرد فيتحول الى غيم ومطر ونحوهما. ويسبب لطاقة الهواء تنقص حرارته كلما زاد الارتفاع ومعدل نقصانها درجة واحدة لكل ٣٠٠ قدم من الارتفاع. فاذا ارتفعت الأماكن ارتفاعاً عظيماً عن سطح الأرض اشتد البرد عليها واكتنفتها الثلوج ولو كان موقعها على خط الاستواء فان الثلج يدوم السنة كلها على ارتفاع خمسة عشر الف قدم عن سطح البحر في الارتفاع الاستوائية. ثم اذا هبت الرياح من الأماكن المرتفعة الباردة الى البقاع المنخفضة الدافئة فربما لم تصل الى تلك البقاع الا وقد تكاثفت في نزولها تكثافاً يرفع درجة حرارتها حتى لا تقتل ما تهبط عليه من النباتات والحيوان المتعودين الدفء والحر.

(٨٦) الندى والصقيع من الاجسام ما يشع حرارته ليلاً الى الجو فيبرد اكثر من الهواء ويبرد الهواء الملامس له الى درجة يسيل عندها بعض بخارة فينقط تلك الاجسام بالندى. ولسا كان حدوث الندى متوقفاً على اشعاع الاجسام لحرارتها فكل جسم اصلح من غيره للاشعاع وارد الاتصال يتكون عليه الندى اكثر مما يتكون على غيره. ولذلك تشد من الاعشاب واوراق الاشجار اكثر مما يندى التراب.

وانسب الاوقات لحدوث الندى الليالي الصافية الجو اللطيفة النسيم الرطبة الهواء لان الليالي الصافية الجو لا تعيق اشعاع الحرارة بخلاف الليالي الكثيرة الغيم. والنسيم اللطيف يبق الهواء على الاجسام حتى يبرد وتنفصل رطوبته عنه ثم يجري به عنها ليستوي غيرة اليها بخلاف الرياح الشديدة فانها تخط الهواء ببعض بحيث تتساوى الحرارة في كل اجزائه فلا يستقر طويلاً على الاجسام ليرد ولذلك لا ينفصل منه الا القليل من الرطوبة. والهواء الرطب تسيل رطوبته

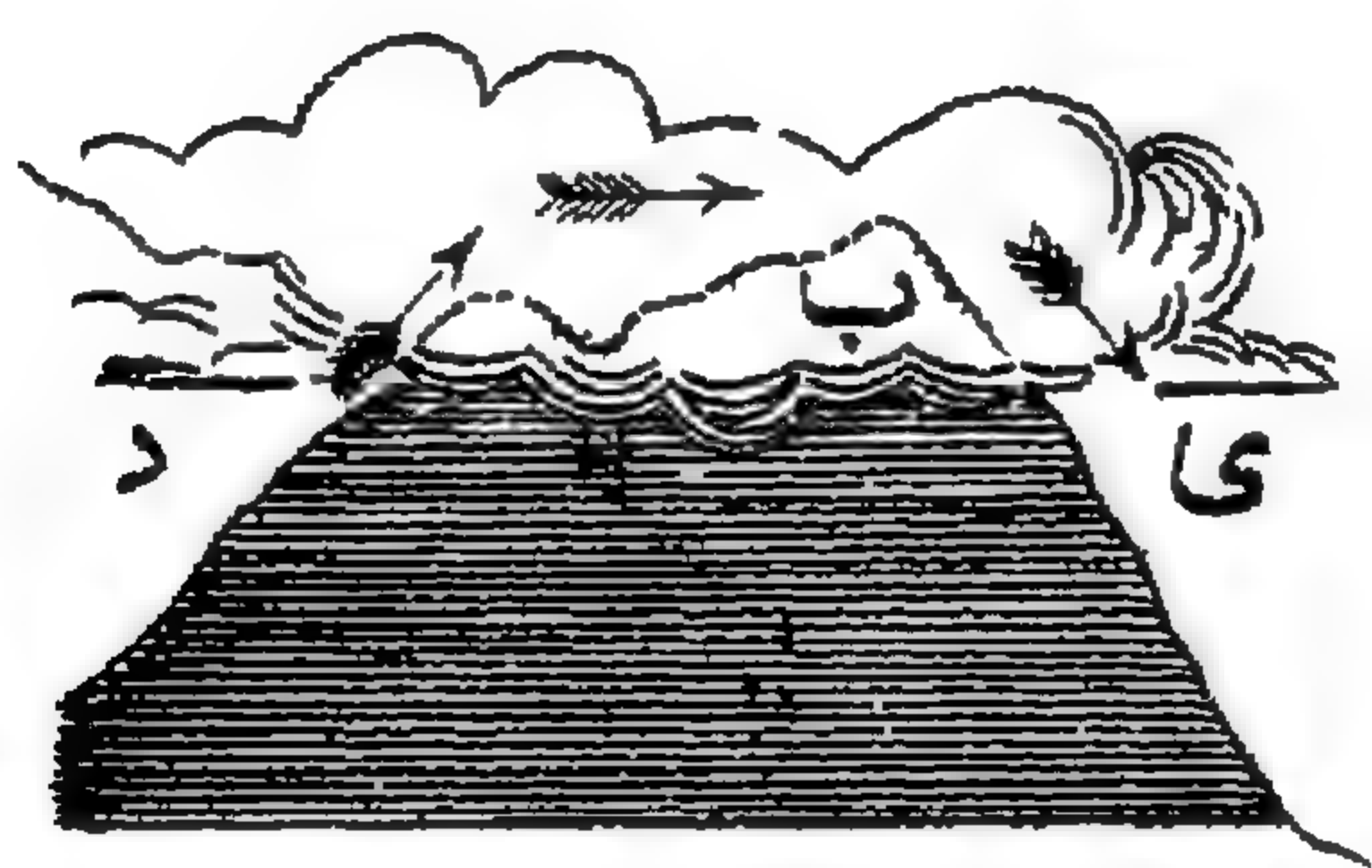
اذا هبطت درجة حرارته ولو قليلا وذلك كثيرا لحدوث بخلاف الهواء القليل الرطوبة فانه يلزم ان تهبط درجة حرارته صوب طاعظها حتى تبلغ درجة الندى وذلك غير كثير الحدوث ويتكون الندى في كل اقسام اليابسة وقد يكثر في الاماكن التي قلما ينزل فيها المطر فيغنيها عنه كما يحدث في بلاد العرب وشبلى وغيرهما. واذا كثرت الاشعاع في مكان حتى انخفضت درجة حرارته عن ٣٣° ف تجسد الرطوبة عليه رأسا بدونا ان تسيل وتعرف حينئذ بالصقيع

(٣٨٤) الضباب: اذا ابرد الهواء حتى صارت درجة حرارته تحت درجة الندى اي حتى صارت الرطوبة فيه اكثر مما يلزم لاشباعه على تلك الحرارة تكاثفت رطوبته فيروصاكثر ضبابا

واكثر ما يكون ذلك في الاماكن السافلة القريبة من الانهار والبحيرات والبرك وما شأ بهما لان تلك الاماكن تشع الحرارة اكثر مما تشعها المياه التي بجانبها فتبرد اكثر منها. ثم اذا جرى هواء المياه الى تلك الاماكن يبرد عليها فتتحول رطوبته الى ضباب. واذا جرى هوائها الى المياه يتبرد هواء المياه ويحول رطوبته الى ضباب الى ضباب

له كان القدماء يزعمون ان للندى خواص كثيرة عجيبة منها ان الاستحمام به يزيد الجمال جدا فكانوا يلتقطونه على جز من الصوف يفرشونها ليلا للاغتسال به والمكيين في تجاريدهم الخرافية. قال لورنس وصومس فلاسفة الاجيال الوسطى ان الندى اثيري فاذا املأ نأ منه بيضة من بيض القبرة طارت الى البحر عند غروب الشمس. وكذلك بيضة الاوز اذا املتت منه —

(٣٨٨) السحاب لا فرق بين السحاب والضباب الا في الارتفاع فالضباب يحدث قرب سطح الارض واما السحاب فيحدث مرتفعاً عن الارض. ويتكون من نفوذ هواء حار رطب رطب هواء بارد او من نفوذ هواء بارد هواء حار رطب ولذلك تسمى رؤوس الجبال معممة بالسحاب لان الجبال تعارض الريح التي تهب عليها فتصعد الريح بجوانبها حتى تصل الى قسمها فتبرد ويبرد بخارها وينعقد غيماً على رأس الجبل (الشكل ٢٢٤) والغيمة اقل من الهواء ولذلك يهبط فيها حتى يصل الى طبقة حارة فتذيبه وتعيد بخاراً من اسفله. فكل غيمة اما ان تكون في حال الانهقاد من صعود الهواء الرطب عن سطح الارض الى الاعلى واما ان تكون في حال الانحلال من سكون الهواء وتروطاً من الاعلى الباردة الى الاسفل الحارة -



الشكل ٢٢٤

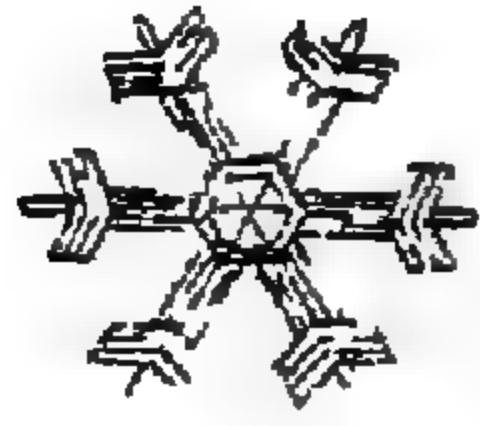
والغيوم على اشكال شتى ولكنها تنحصر في سبعة اربعة منها تكون في مجاري الرياح السفلية وهي غيم المطر ويسمى (مبئس) والغيمة المصفى ويسمى (السترانس) وهو اسفل الغيوم وقد يصل الى الارض وينبسط في السماء انبساط الصفايح وهو غيم الليل. والركام ويسمى (الكومولس) ويظهر في نواحي السماء معترضا كالجبال وهو غيم النهار والغيوم الربعة

وتسمى (كوليس سترانس) وتتكون من اختلاط الركام والمصغج ويكثر منها البرود
الرعدي وثلاثة منها تتكون في مجاري الرياح العلوية وهي الطخر ودروليس
السترانس) وهو غيم كالريش في الغالب مكون من ابر من الجليد على ما يُظن .
(والسترانس) ويتكون من انبساط السريس في صفاخ ويسبق النوع غالياً والتمرة
ويسمى (السترانس) وهو غيوم صغيرة منقطعة متقارب بعضها من بعض
تعرف عند العامة بغسيل بنت السلطان وتحدث اذا كان الطقس
جافاً حاراً

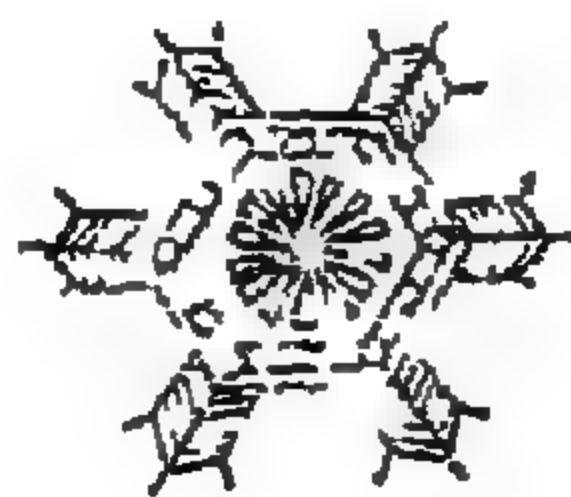
(٣٨٩) المطر يحدث المطر من كل ما يبرد الرطوبة
التي في الهواء فاذا بردت هذه الرطوبة رويداً رويداً
اجتمعت دقائقها في كرات صغيرة وتكون منها السحاب
او الضباب كما تقدم واما اذا بردت الرطوبة بغتة
فاجتمع دقائقها في كرات اكبر من تلك وتقع مطراً
وتبرد الرطوبة كما ذكر بكل ما يكره الهواء على الصعود عن سطح
الارض الى علو ميل او ميلين في الجو كما يحدث اذا صدم جبل ريحاً تهت
عليه واكرها على الصعود بجانبه الى علو عظيم. وكما يحدث ايضاً اذا هبت
ريح جافة باردة ثقيلة على ريج حارة رطبة فتدخل تحتها وترفعها فوقها الى
علو عظيم كما يدخل السفين تحت الحجر فيرفعه. وكما يحدث ايضاً اذا التقت
ريحان متضادتان فانهما تجتمعان وترتفعان كما تجتمع موجتان
متضادتان وتعلوان اذا اتلاقتا

(٣٩٠) الثلج يتكون الثلج من جمود رطوبة الهواء
راسكاً على درجة ساقلة جداً من الحرارة بدون ان يتحول الى
السيولة ويكون ذلك غالباً في اعالي الجوا
والثلج اذا مر في هواء حرارة ٣٢ ف او اعلى منها ذاب ووقع مطراً

اعلى الارض والواقع عليها ثلجا. وقد يقع الثلج من هواء البيوت في البلاد
الشديدة البرد فاذا اجتمع خلق كثير في قاعة صغيرة هناك وفتحت نافذة من
لواقد القاعة والبرد شديد



البخار في هوائها ووقع ثلجا. والثلج
مركب من بلورات من الجليد ابرية



الشكل يتصل بعضها ببعض على
اشكال تدش الناطر وتبهر النواظر

الشكل ٢٢٨

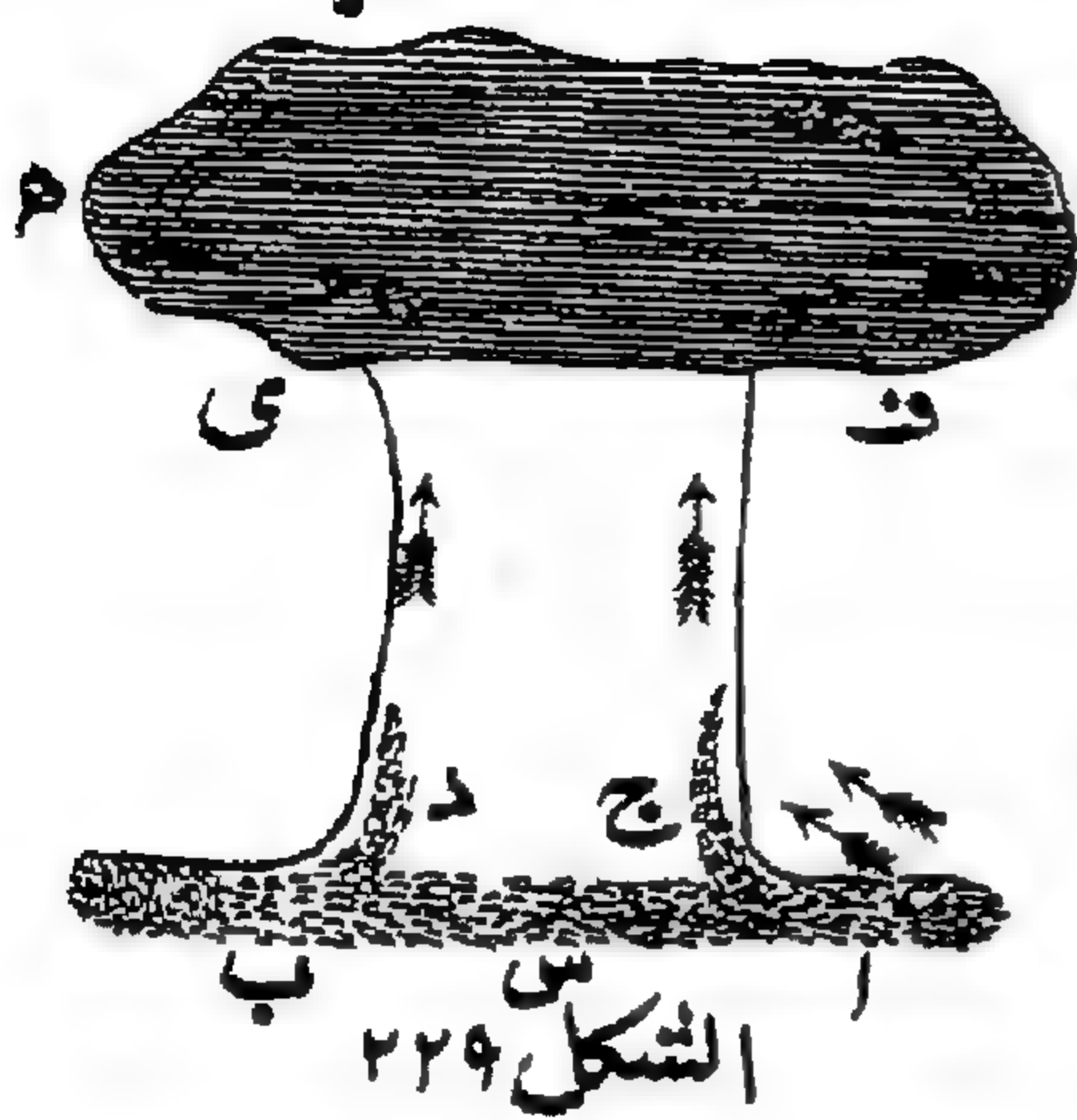
وقد رسم بعضها في الشكل ٢٢٨

(١٤٣) البرد البرد قطع من الجليد متفاوتة الحجم فمنها
ما هو اصغر من الحمص ومنها ما هو بقدر البرتقال ومنها ما هو بين
هذين الحجمين. ولا يعرف كيف يتكون والظاهر انه يحدث
من هبوب ريح شديدة البرد وتخلطها لرياح اخرى احر منها جدا
ومشبعة رطوبة تقريبا. ولكن تعليل هذه الرياح الباردة عسى
وغير معروف

(١٤٤) الرياح المتحرك من ناحية الى اخرى وهذا
التحرك يكون اذا اختلف ضغط الهواء في ناحية عما هو في ناحية
اخرى حتى بطلت الى ازنة بينهما فيجري الهواء من المكان العظيم
الضغط الى المكان القليل الضغط. اما اختلاف ضغط الهواء في
مكان عما هو في مكان اخر فلا يكون الا لامر من امرين على ما نعلم:
احدهما ان ترتفع حرارة الهواء في المكان الواحد عما هي في الآخر
وثانيهما ان تزيد الرطوبة في هواء الواحد عما هي في هواء
الآخر. ولذلك تكون العلل السبعة للرياح اثنتين متفاوت
حرارة الهواء وتفاوت رطوبته اى تفاوت مقدار البخار المائي

فيه

اما تفاوت حرارة الهواء فيتضح مما يأتي: لتكن س (الشكل ٢٢٩ بقعة من الرمل على جانبيها ارض معشبة اوب. فعند وقوع شعاع الشمس على هذه الارض تسخن س اكثر مما سواها فيسخن الهواء الذي عليها ويتمدد



ويصعد كما ترى عند ج وادك فيجري الهواء من عن اوب الى مكانه حتى يسخن ايضا فيصعد كما صعد الاول ويأتي مكانه هو اء آخر كما أتى هو. ثم ان الهواء الصاعد عن س يتمدد الى

كل ناحية ويجري في جهة ك وهذا ايضا حتى يبرد وينزل الى سطح الارض فيعود يدور كما قد منا. والخلاصة انه بتفاوت الحرارة على س و اب تصعد الريح من س الى اعلى الجو ثم تنحدر الى سطح الارض وتعود الى س المكان الذي صعدت منه اولا. ولذلك يكون هبوب الريح من اوب الى س في مجار سفلية اوسطحية والى اوب في مجار علوية

واما تفاوت رطوبة الهواء فيتضح من ان ثقل البخار النوعي يساوي ثلاثة اضعاف ثقل الهواء الجاف النوعي على درجة واحدة من الحرارة وتحت ضغط واحد ولذلك يكون الهواء المشحون بخاراً اثقل من الهواء الجاف فيجري الثقيل الى الخفيف وتحصل الريح من جريه

(٣٩٣) تغيير جهة الريح بدورة الارض اليومية خط الاستواء احر من القطبين ولذلك يسخن الهواء عليه اكثر مما يسخن عليها فيتلفظ ويصعد الى اعلى الجو ويجري من هنا

في القطب الشمالي والقطب الجنوبي ولذلك تكون رياحه رياحا
عالية. ثم يجري الهواء من جهتي الشمال والجنوب على سطح الارض
الى خط الاستواء لرد الموازنة ولذلك تكون رياحه رياحا
سفلية. هذا ولو كانت الارض ساكنة لكانت الرياح العلوية
تجري من خط الاستواء نحو القطبين وبالعكس على الهواء جريشمالا
وجنوبا ولا تنحرف عنها شرقا ولا غربا ولكن الارض تتحرك دائرة
على محورها من الغرب الى الشرق والاماكن التي على خط
استوائها تسرع اكثر من بقية الاماكن في دوراتها معا.
فلذلك تنحرف الرياح العلوية شي قافي سيرها نحو القطبين
وتنحرف الرياح السفلية غربا في سيرها نحو خط الاستواء.
لان هواء خط الاستواء يدور مع الارض شرقا ويسرع في دوراتها
اكثرا من هواء سائر الاعراض الشمالية والجنوبية التي على جانبي
خط الاستواء. فاذا اصبحت عن خط الاستواء وجرى شمالا وجنوبا في
رياح علوية كما تقدم بقيت له سرعة حركته من قبل فسر شيئا
فشيئا عن الهاجرة التي جرى منها حتى يحسبه الذين الى شمالي خط
الاستواء اتيا من الجنوب الغربي ويحسبه الذين الى جنوبي خط
الاستواء اتيا من الشمال الغربي واذا جرى الهواء من الشمال
والجنوب الى خط الاستواء فلكون دوراته مع الارض شرقا
ابطأ من دوران الاماكن التي هو مارة فيها ينحرف غربا شيئا
فشيئا عن الهاجرة التي جرى منها فيحسبه اهالي تلك الاماكن اتيا من
الشمال الشرقي في شمالي خط الاستواء ومن الجنوب الشرقي
في جنوبيه

(م ٩٢) الرياح المنتظمة والمتقلبة ان رياح الارض تجري

ومن الأول في فلسفة الطبيعة م م م الباب التاسع الفصل الخامس في الظواهر الجوية

كما ذكر (ع ٣٥٣) جرياً مطرداً في الأماكن الواقعة على جانبي خط الاستواء ولا سيما البحري إلى عرض ٣٠ شمالاً وجنوباً منه وهذه الرياح تسمى الرياح التجارية لموافقتها للسفن التجارية في سيرها. وأما رياح بقية الأماكن فتقلية.

فالرياح التجارية تحصل من صعود الهواء عن خط الاستواء وجريه شمالاً وجنوباً ومن جري الهواء من الشمال والجنوب ليسد مسلكه. وحينئذ يحصل الانحراف في جهة جريه بسبب دوران الأرض فيحسب الآتي من الشمال الريح التجارية الشمالية الشرقية والآتي من الجنوب الريح التجارية الجنوبية الشرقية. وأما الهواء الصاعد عن خط الاستواء فيضيق عليه المكان كلما بعد عن خط الاستواء شمالاً وجنوباً ويخسر في دوائره من العرض تصغر شيئاً فشيئاً عن دائرة خط الاستواء حتى إذا صار يقرب دائرة ٣٠ من العرض يتراكم بعضه فوق بعض ويهبط بثقله إلى الأرض ويجري في مجار سطحية عائداً إلى خط الاستواء ليست مسلكه غير من الهواء الصاعد من هناك.

والرياح المتقلبة لا انتظام لها بل تهب تارة من هذه الجهة وطوراً من تلك لأسباب شتية كلية وجزئية لم تضبط إلى الآن. وتشاهد في الأعراض الوسطى وعلى الخصوص في المنطقة المتجمدة الشمالية حيث تهب للرياح أحياناً من جهات شتية في وقت واحد.

(٥٥٣) الرياح الموسمية هذه الرياح تهب في بعض الموانئ من جهة واحدة وساعات وإحداثة من اليوم كالرياح المعروفة بالموانئ كالسموم المعروفة بالشرقية وكشمير البر والبحر. فالرياح تهب نصف السنة من البحر الأحمر وبحر العرب وخليج بنكالا وبحر الصين إلى اليابسة المجاورة لتلك البحار ثم تنعكس جهتها في نصف السنة الأخر فتهب من اليابسة إلى

الدوسن لا وليته في فلسفة الطبيعى م م م الباب التاسع الفصل الخامس في الظواهر الجوية

تلك البحور. اما هبوبها من البحر الى اليابسة فيكون صيفا و
ذلك لان اليابسة تسخن ويتلطف هوائها اكثر من هواء
البحر فيجربى هواء البحر اليها. واما هبوبها من اليابسة الى البحر
فيكون شتاء وذلك لان اليابسة تبرد بالاشعاع اكثر من
البحر فيثقل هوائها عن هواء البحر ويجربى الى البحر
لحفظ الموازنة

والسموم ريح حارة تهب من صحراء افريقية الى سورية ومصر والجزائر
وايطاليا وتبقى في مصر وبعض جهات سورية من اواخر نيسان الى حزيران
حيث تسد الخمسين لانها تبقى نحو خمسين يوما. واذا اصابت السموم قافلة
اثارت الرمال عليها كالغيوم الكثيفة فيجرى الراكب الى الارض ويلفون
وجوههم بالاردية الكثيفة وتدبر النوق قفاها للريح حتى لا تسف الرمال على
وجوهها فتخنقها

ونسيم البر والبحر ريحان تهب احدهما من البر الى البحر ليلا وتعقبها
الآخرى من البحر الى البر نهارا في الاماكن التي على سواحل البحر. اما نسيم البر فيهب
ليلا الى البحر لان الارض تبرد بالاشعاع ليلا اكثر مما يبرد البحر فيجربى هوائها
البارد الى هواء البحر السخن لحفظ الموازنة. واما نسيم البحر فيهب الى البر
نهارا لان البر يسخن بحرارة الشمس اكثر من البحر فيجربى هواء البحر البارد الثقيل
الى هواء البر الحار اللطيف لحفظ الموازنة

(٥٩٦) الزويدة والزويدة رياح تعصف عصفافا شديدا
حتى ربما بلغت سرعتها مئة ميل في الساعة وتدور بعضها
داخل بعض دورانا لوليا حول محور قائم او مائل على سطح
الارض وتعمد بقعة من الارض قطرها من مئة ميل الى خمسمئة
ميل او اكثر وتسير بجسدها من مكان الى اخر بسرعة امية

او ١٢٠ و ٣ ميل في الساعة. وتحدث قرب جزائر الهند الغربية وفي البحر الصيني والاوقيانوس الهندي. وتدور رياحها في شمالي خط الاستواء من اليمين الى اليسار في خلاف الجهة التي تدور فيها عقارب الساعة. وتدور بعكس ذلك في جنوبي خط الاستواء

(٢٥٨) الهوجاء والاعصار الهوجاء ريح دوارة يلتف بعضها في بعض التفافاً لولبياً كالزوبعة ومعظم الفرق بينهما في الاتساع وطول المدة. فان الهوجاء قلماً يزيد عرضها عن بضعة مئات من القصبات وطولها عن ٢٥ ميلاً وقلماً تبقى في مكان واحد اكثر من بضعة ثوان بخلاف الزوبعة. والهوجاء عنيفة الطوبى جداً على الغالب فاذا صرت بيتاً خربتة او شجرة اقتلعت او بجنز عزجته او حسلته. واذا حدثت على الرمال اثارها كالعتيد الى البحر. واذا حدثت على المساء اثارته ثوراً ناعيفاً واجتذبت زبداً الى وسطها فيظهر كالعسود قائماً على وجه الماء الثائر. وتسمى هذه الهوجاء اعصاراً

(٢٥٩) النوء يواد بالنوء اصطلاحاً اضطراب الهواء اضطراباً عظيماً حتى يثور رياحاً شديدة على بقعة متسعة من الارض فتدور بالاجمال في دوائر لولبية بعضها داخل بعض كما تدور في الزوبعة والهوجاء الا انها اقل منهما عنفاً واعظم اتساعاً فقد يكون طول البقعة التي يسقط النوء عليها الف ميل من الشرق الى الغرب والفي ميل او ثلاثة الاف ميل من الشمال الى الجنوب وهذه البقعة قريبة الشكل من الاستدارة والغالب ان النوء ينشأ في نصف الكرة الشمالي من ناحية من

المدوس لاوسية في لفظة الطبيعة ٥٥ خاتمة الباب التاسع في بعض اشكال الماء ومنافعه

نواجه العرب ويسير نحو ناحية من نواحي الشرق حتى يزول. وكثيرا ما يحدث فيه مطر وبرد وثلج وبرق وصرعدا. والمظنون ان الزوابع والهوجاء والاعصار والنوع تحدث من تأثير حرارة الشمس في الهواء وقد علو ما تعاليل متعللة به تجتمع على واحد منها الى الان

(٥٥) التيار في البحار يخرج من الماء يجري في البحر من ناحية الى ناحية بسبب تفاوت الحرارة على الماء فان سطح البحر يسخن في المنطقة الحارة اكثر مما يسخن في احدى المعتدلتين او المتجمدتين ولذلك يخن فيجري نحو القطبين. والتيارات كثيرة: من اشهرها تيار الخليج وهو يخرج من خليج مكسيكو فيحمل مياه بحر كوبي الحارة ويقطع بها الاوقيانوس الاثلاثي الشمالي حتى يصيب سواحل سكتلاندا ونروج فيلطف بحارته برد بلاد الانكليز ويعدل هواءها ونولي لاه لا ستولي عليها زمهرير لاه براد ورفجتها وجعلها قفرا صفر اهل السكان. ولو نفذ هذا التيار برزخ بناما وجري منه الى الاوقيانوس الباسيفيكي الجنوبي لكست الثلوج بلاد الانكليز وجسدتها الرياح القوارس

خاتمة الباب

في بعض اشكال الماء ومنافعه

(٣٠٠) اولا. ان حرارة الماء النوعية (عد ٣٢١) عظيمة

ولذلك يورث الماء في هواء البلدان تأثيرا شديدا فانه اذا جرت
الرياح الحارة شمالا والتقت بالهواء البارد على المنطقة المعتدلة
تكاثفت رطوبة وانزلت منها على تلك المنطقة فتظهر حرارتها
المختفية (عد ٢١٢) في جيب بها محمولة من المنطقة الحارة وتلطف
البرد في تلك المنطقة. فكان تيارات البحر ورياح البحر انما يرب
البحار في ونحط الاستواء خلقينها فهو بحر البخار والرياح و
التيارات تحمله فتسخن به الاصقاع الباردة لينضربا تها وينمو
حيوانها هذا فضلا عن ان الماء يعدل هواء البلاد فيقيها من
تعاقب البرد والحر عليها تعاقبا فجائلا لانه يمتص حرارة كثيرة في
الصيف فيلطف حرة ويظهرها في الخريف فيلطف برد الشتاء.
وفي الربيع يذوب الثلج والجليد فيمتص ماؤها حر الشمس
فلا تخرج الاشجار براعمها باكرا ولا تنضج لتقلبات البرد والحر
ولما كان الثلج والجليد لا يذوبان الا بحرارة شديدة كان ذوبانها
بطيئا في الربيع ولو لا ذلك لكانت مياهها تظلم على الارض فتجرف
تربها وتهلك المخلوقات الحية التي عليها

ثانيا. ان الماء يحتوي هواء يعيش به السمك. ونوحلا الماء من
الهواء لكان يفرقع كلما تجاوت حرارته ٢١٢ ف كثيرا. وكان
الناس لا يتجرون ان يغلو في وعاء الا وهم يراقبون درجة حرارته
بالترمو متر كما يراقبون الان آلات البخارية مخافة ان ينحصر
بخاره فيشق القدر ويتلف ما حولها. غير انه اذا زادت حرارته
عن ٢١٢ يفارقة الزائد ويتركه على درجة ٢١٢. هذا
والماء يتمدد بالحرارة كغيره من السائلاته يقلص بالبرد
الى ٣٩٥ ف فقط ثم ياخذ في التمدد بزيادة البرد حتى تبلغ

حرارته ٢٨٠ فيجهد. وعليه تشقق الجرة اذا جمد ماءؤها من
البرد لانه يتمد فيضغطها بقوة تمدد ويشققها. فالماء يشك
بذلك عن بقية الاجسام ولكن طرد الشد وذ منافع جليدة لانه
لو كان الماء يجري مجرى بقية الاجسام لكان اذا برد سطحه تنزل دقائقه
الباردة الى قعره وتصلد دقائقه السخنة من قعره الى سطحه حتى تبرد
كلها الى درجة الجليد فيجهد معا ويصير الماء كله قطعة واحدة
من الجليد فيقتل ما فيه من الحيوانات والنباتات. ثم اذا جلد
الصيف وتعظم حر الشمس يذوب وجه ذلك الجليد فقط فيصير
ماء لكن ما تحته يبقى جليدا لان الماء غير موصل للحرارة فيصلد
الشمس عما تحته ولا يمكنها من تذبذب. ولذلك كان يبقى
الجليد في البحار والبحيرات والانهار وفي الاماكن المزمهرة طول
الايام. واما الآن فلشد وذ الماء عن بقية الاجسام يتمد بالبرد
فيخف السطح ويجهد ويعوم على الوجه ويبقى البقية من الجحود
لانه جليد والجليد موصل رديء للحرارة. فتبقى حرارة
الساء العميق تحته على درجة واحدة ولو اشتد البرد فلا
يموت ما فيه: فبما ان المعتن الحكيم

ثالثا. اذا جمد لسااء خلص من الشوائب. وعليه يتحول
ماء البحر الملح الى ماء عذب في المنطقة المتجمدة الشمالية.
قال مكلنتك ان الماء كان يصفو بمجموعة المرة بعد المرة
في تلك النواحي حتى صار صالحا للشرب في جمدته الرابعة.
ولذلك اذا جمد البرد النخل في وعاء اجتمع الحامض في الوسط
وبقى ماء النخل جامدا

رابعا. اذا تكون الندى على النبات منعه من الاشعاع

فلا تبرد أو راقه برد أشد يدا ولا تصقع. فنتيجة الأشعاع أي التمدد
تضاد الأشعاع وتدفع اضرامه فضلا عن انها تسقى النبات العطشان
هذا والماء يرتقي من البحر والبربخار فيبرد الهواء ويرطبه صيفا و
يعدل برده شتاء. وينعقد غيما فيظل الأرض من شعاع الشمس
نهارا وينجىها من شر الأشعاع الزائد ليلا. ويقع مطر فينقى
الهواء ويحيى النبات أو ينزل ثلجا فيحتضن الأعشاب وبراعم
الأشجار من الموت. وينبع عيوننا تروى الغليل وتشقى العليل
وينقى الأبدان ويذوق الطعام ويلين المفاصل ويحرم
الى البحر فيهب للتربة حياة وللأرض خصبا وخيرا. فتبارك
المدبر القدير

- (١) مسائل للتمرين (١) لماذا تبرد اليد في البرد اذا
دقت الباب بدقاقة من الحديد اكثر مما اذا دقته بدقاقة
من الخرف. (٢) لماذا تلتصق حافة الرغيف المحتض على النار
الى جهة وجهه الذي على النار. (٣) ان البعض يضاعفون
الزجاج في الشبائيك فيضعون زجاجا وراء الزجاج لمنع البرد
فلساذا يمتنع البرد كذلك. (٤) يلبس الثقلان في بعض البلدان
قيصا من فلان لا ليبرد جسده صيفا ويد فاشتاء فكيف ذلك
(٥) لاى سبب تسخن ايا دينا اذا انفخنا فيها ويبرد الطعام اذا انفخنا
عليه. (٦) كيف يبقى الثلج العشب من الموت. (٧) لماذا ليخل
الماء ويتطاير في بعض الايام اسرع مما يغلي ويتطاير في غيرها.
(٨) بما سبب الفقع الذي تسمعه من النار عند اشتعالها في كانون.
(٩) لماذا تعلق نغمة البيانو في محل بارد عما تكون في محل دافئ

(١٠) اضيقا يجب ان يكون فوالد واة ام واسعا. (١١) اذا مدا و
 قضبان الحديد على سركة حديدية تركوا فسيحة بين كل
 قضيبين منها فما القصد من ذلك. (١٢) لماذا يخبث على الانسان
 من الزكام اذا ترطبت ثيابه. (١٣) لماذا يققع البلوط في النار
 اذا المرينزع بعض قشرة. (١٤) هل يمكن الطبخ تحت قابلة مفرغة
 من الهواء. ولماذا. (١٥) لماذا يشعر الانسان بان الهواء بارد عند
 ذوبان الثلج والجليد في الربيع. (١٦) لماذا يوضع الحليب في وعاء
 من تلك في وعاء من خشب في عمل البونزة. (١٧) لماذا
 يعتدل البرد عادة والثلج نازل. (١٨) ما سبب الانزف في ابريق
 الماء السخن. الجواب ان قوة البلبيل منه تهز دقائق البخار
 الخارجة منه فتصوت حسب اهتزازها. (١٩) لماذا يبرد الهواء
 على ارض قد رشت بالماء. (٢٠) ما هي اسفل درجة يصلح
 الترمومتر النبتة للدلالة عليها من درجات الحرارة. (٢١)
 حرارة الهواء اليوم. (٢٢) فماذا تعدل من ترمومتر
 ومن ر. (٢٣) هل يحدث الندي على جسر من حديد
 وعلى مشط من خشب. (٢٤) ان باطن الارض احر من
 سطحها على كل حال فلماذا يكون ابرد الماء في اعين الابار.
 (٢٥) ايها افضل للطبخ القدر الصقيلة من اسفلها ام الحشنة
 (٢٦) اي يغلى اولا الماء ام الحليب. (٢٧) امن التدبير ان
 يكون الوجاق صقيل الامعا. (٢٨) هل يدل الشومتر
 على درجة واحدة من الحرارة اذا غط في ماء جار وفي دلو
 ملأته من ذلك الماء. (٢٩) اي خرقه افضل من الاخرى
 لمسك الانية السخنة الصوفية ام الكتانية. (٣٠) عندنا

وجاقان من جمد واحد احدهما بسيط والاخر منقوش فايهما
يبعث الحرارة اكثر من الآخر. ولما ذا (٣١) هل يقع الندى
وقوعا كالمطر. (٣٢) لما ذا ايرشح الابريق. (٣٣) لما ذا يستعجل
التبخير في الفراغ. (٣٤) اذا خلخل التراب حول النبات فلما
ياتيه ذلك بالندى. (٣٥) لما ذا يذوب الثلج تحت الشجر قبها
يذوب في العراء. (٣٦) لما ذا تضيق فتحة المدخنة شيئا فشيئا من قدامها
الى اعلاها. (٣٧) هل تبقى القهوة سخنة في ابريق لامع اطول مما
تبقى في ابريق قاتم اللون. (٣٨) لما ذا يفقع الحطب اول وضعه
في النار. الجواب لان الهواء يتمدد في حوصلاته فيشقها
(٣٩) لما ذا يرمى نفس الانسان في الايام الباردة. (٤٠) لما ذا تكون
السياب الفاتحة اللون ابرد صيفا وادفأ شتاء من السياب
الغامقة اللون. (٤١) كم تكون الحرارة على بعد قدمين عن
النار بالنسبة الى ما تكون على بعد اربع اقدام عنها. (٤٢) ما
هو السبب في بقاء الصقيع صبا حقا على بعض النباتات مدة
اطول من مدة بقاءه على غيرها. (٤٣) هل وقد الحطب
الاخضر من باب التدبير. (٤٤) لما ذا لا يفقع الحطب الاخضر
على النار كاليابس. (٤٥) لما ذا يزداد الغليان اذا وضعت قطعة
من المعدن في ماء يغلي في وعاء من الزجاج او الخزف. (٤٦) ايها
يحترق قبل الآخر بعد سيرة محدبة الورق الابيض ام الاسود.
ولما ذا. (٤٧) لما ذا يشعر الانسان ببرودة الهواء في يوم
شد يد الريح اكثر مما يشعر بها في يوم هادئ ولو كانت درجة
الحرارة واحدة في اليومين. (٤٨) ما ذا كان سر العجوبة في حجرة
جدعون قاضي بني اسرائيل. (٤٩) هل يمكن اصطناع سيرة

من الجليد تحرق كعدسية من البلقي (٢٩) يقال ان جبال الجليد
التي تقدرها امواج البحر من البر تكون في الغالب مكتنفة بالضباب
فما تعليل ذلك (٣٠) ووضعنا في الفضاء وعائين من الحديد احدهما
لامع والاخر يعلوه الصدا فعمل ايهما يتجمع الندى اكثر.

(٣١) لما اذا تكون الليالي الصافية السماء ابرد من

الليالي السغيمة. (٣٢) لما اذا يتكون الندى

في الليالي السغيمة. (٣٣) لما اذا تكون

رؤس الجبال ابرد من سفوحها

حال كونها اقرب الى

الشمس من

تلك

السفوح



الباب الثاني

في الكهف بأثنية


(٢٠٢) المقدمة: لم يذكر الناس شيئاً عن الكهربية
حتى قام طالس احد حكماء اليونان السبعة سنة (٦٠٠) قبل
المسيح فثبت انه اذا احككت الكهربية بشقة من الحديد
اجتذبت اليها الاجسام الخفيفة كالريش والعصافير ونحوهما
وكان اليونان يستغربون ذلك كل الاستغراب حتى
زعموا ان للكهرباء روحاً ولم يعرفوا هو ولا غيره من الاله
جذب الكهربية هذا حتى قام الدكتور كلبرت الانكليزي
في اواخر القرن السادس عشر فثبت ان اجساماً اخر غير
الكهربية كالكبريت والشمع والزجاج تفعل فعل الكهربية
فتجذب الاجسام اذا فركت. ثم عكف علماء اوربا
واميركا على البحث عن هذه القوة وسموها الكهربية
لان الانتباه الى وجودها كان من الكهربية اولاً. فاكتشفوا
فيها اكتشافات جمة ولم تنزل بحر الاقوال المجردة وفوائد

: الدرس الأول في الفلسفة الطبيعية م م م الباب العاشر الفصل الأول في المغنطيسية

والكهربائية تظهر في الأجسام على خمسة أشكال
تعرف بالمغنطيسية وكهربائية الاحتكاك والكهربائية
الكلفانية وكهربائية الحرارة والكهربائية الحيوية .
وهذه الأشكال متقاربة في نواحيها متشاركة في
كثير من نتائجها متبادلة بمعنى أن كل منها يمكن تحويله
إلى الآخر لشدة التعلق الذي بينها . وعليها مدار كلامنا
بإختصار في هذا الباب

الفصل الأول

في المغنطيسية

(م . م) المغنطيس الطبيعي والمغنطيس الصناعي
المغنطيسية فن يبحث فيه عن المغنطيس . والمغنطيس
جسم له قوة على جذب الحديد والقولاذ ومعادن
أخر اخصها النكل والكوبلت . وإنما يسمى مغنطيساً
لأنه اكتشف أولاً في مدينة مغنيسيا من أعمال
آسيا الصغرى . وهو ما طبعه أو صنعه وأشهر أشكاله
القضيب المستقيم ويسمى المغنطيس المستقيم . والمثلث
على هذا الشكل  ويسمى المغنطيس النضوي
لأنه يشبه نضوة الفرس

أما المغنطيس الطبيعي ويقال له حجر المغنطيس أيضاً فهو أكسيد من أكسيد الحديد
الحديد أعني أنه معدن مركب كالصدأ من الحديد والأكسجين ولكنه يختلف
عن الصدأ بكون الأكسجين فيه أقل مما في الصدأ. وتزيد القوة المغنطيسية في
بعض جواهرها في غيرها بقطع النظر عن ثقل تلك الجواهر. فإن الحجر الذي كان
يحملة الفيلسوف اسحق نيوتن لم يزد ثقله عن ثلث قنحات وكان يرفع بقوة
جذبيه ٢٤ ٢٥ قنحة من الثقل وذلك نحو ٢٥ ٢٦ ثقل من ثقله. والحجر الذي
جلبه الآن كلير من موسكو الى لندن كان ثقله ٢٥ ٢٦ ليبرا ولم يكن يحمل
الآنحو من ٢٠٠ ليبرا. وأما المغنطيس الصناعي فهو فلاديد لك المغنطيس طبيعي
فيكنسب المغنطيسية منه كما سيبي (ع ٨٠٢) وهو اصلي من الطبيعة للاستعمال
والجربة وعليه السؤؤل

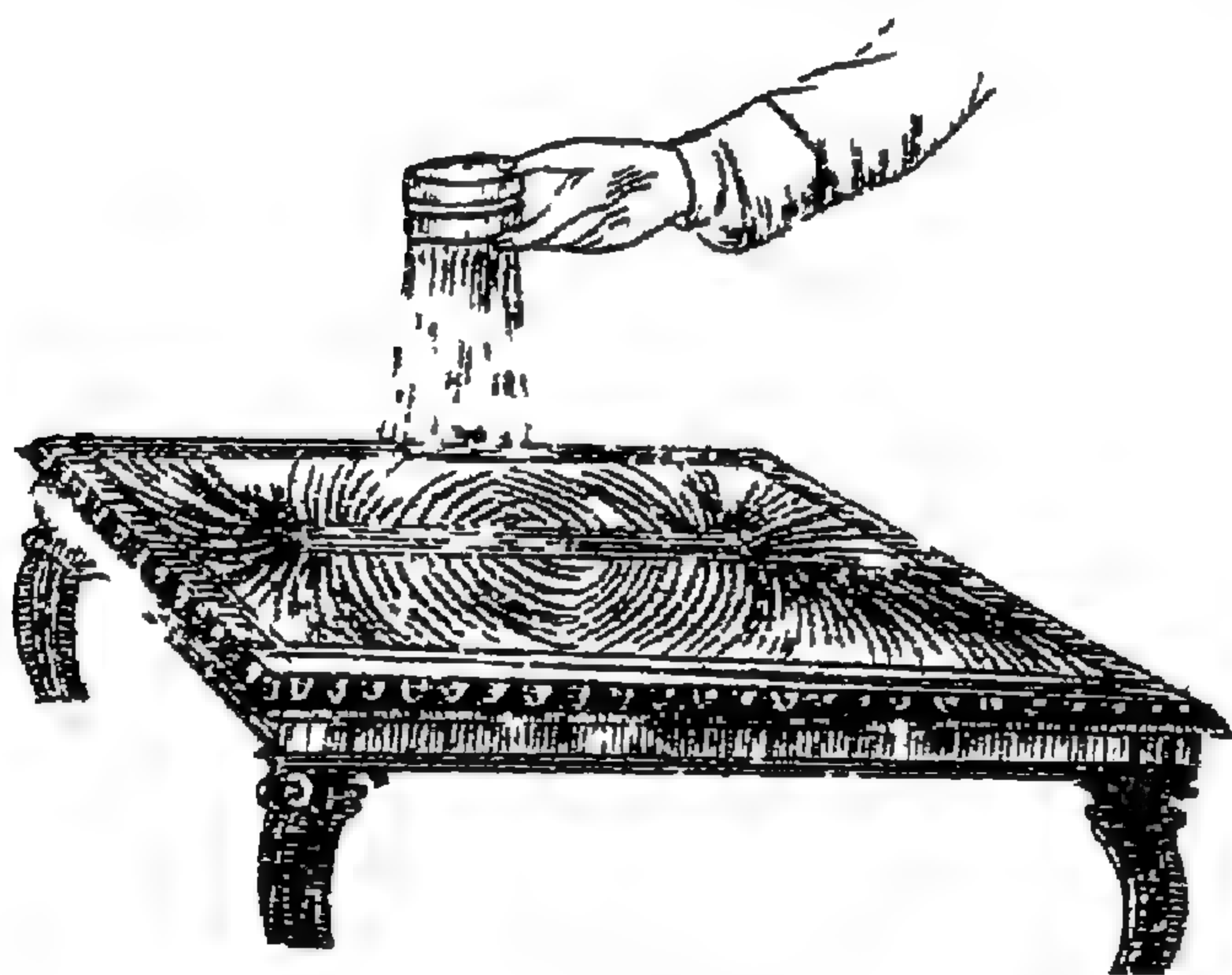


الشكل ٢٣

(٢٠٢) توزيع القوة المغنطيسية في المغنطيسيات بالقوة

المغنطيسية التي يجذب المغنطيس الحديد بها ليست متساوية في كل جزء من اجزائه بل تزيد على طرفيه ومن ثم تناقص حتى تتلاشى في وسطه. ولذلك يسمى طرفاه القطبين ويسمى الخط المتوسط فيه خط الاستواء

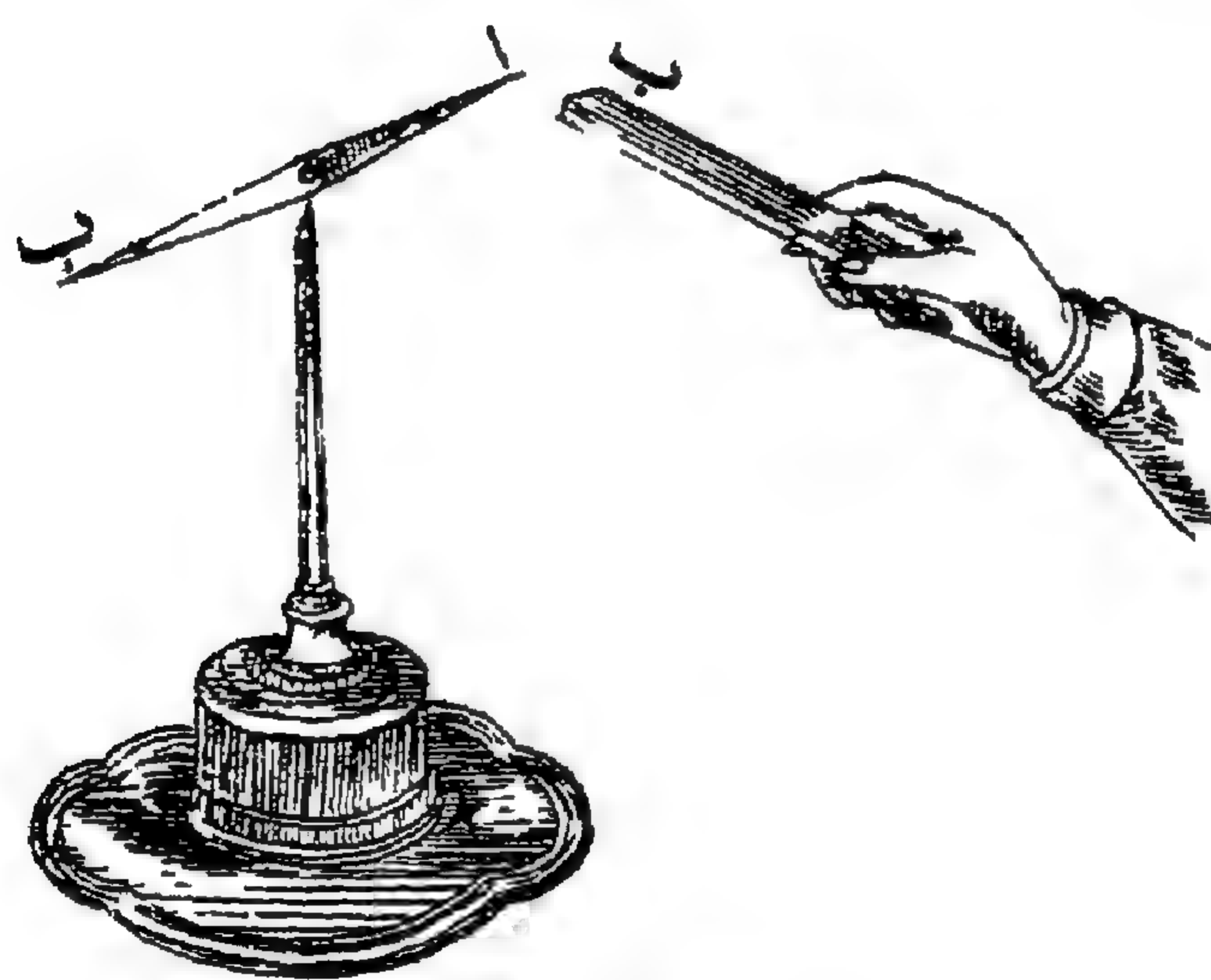
إذا دُش مغنطيس مستقيم في برادة الحديد (الشكل ٢٠٤) تجتمع على طرفيه تجمعا ولكن لم يعلق شئ منها في وسطه. والمغنطيس يجذب بها ولو فصل عنها بفصل غير مغنطيسي فإذا وضع المغنطيس على مائدة (الشكل ٢٠٥) وضعت عليه قطعة من القرطاس ثم نخلت عليها برادة الحديد من منخل دقيق جذبها قطبا المغنطيس ورتبها في خطوط منحنية تنفر عن بعضها. وأما البرادة التي تقع على وسط المغنطيس فلا تترتب كذلك بل تبقى كما نوقعت على جسم غير مغنطيسي



الشكل ٢٠٤

(٢٠٥) الجذب والدفع المغنطيسيان: إن الاقطاب المغنطيسية المتشابهة تدافع والاقطاب المتخالفة تتجاذب وقوة جذبها ودفعها تنقص بقدر ما يزيد مربع بعد بعضها عن بعض. ويتضح ذلك مما يأتي

علق قضيباً دقيقاً من المغنطيس المستقيم في وسطه حتى تسهل عليه الحركة إلى كل الجهات واتركه لذاته فيتحرك قطب من قطبيه إلى الشمال والقطب الآخر إلى الجنوب. ويسمى هذا القضيب إذا ذاك ابرة مغنطيسية ويسمى قطبه الشمالي أيضاً القطب الايجابي وهناك علامة (+) وقطبه الجنوبي القطب السلبي وهناك علامة (-) ثلثان اب (الشكل ٢٢٢) ابرة مغنطيسية قطباً هـ ا وب وليقرب من اقطبها الشمالي القطب الجنوبي ب من مغنطيس آخر فيتحاذيان لانهما متخالفان. وليقرب بعد ذلك القطب الشمالي من المغنطيس إلى القطب الشمالي منها فيستدافان لانهما متشابهان ويبرهن ان قوة المغنطيس في الجذب والدفع تقل بزيادة مربع البعد عن ميزان الفتل كما سيرهن في الكهر بائية

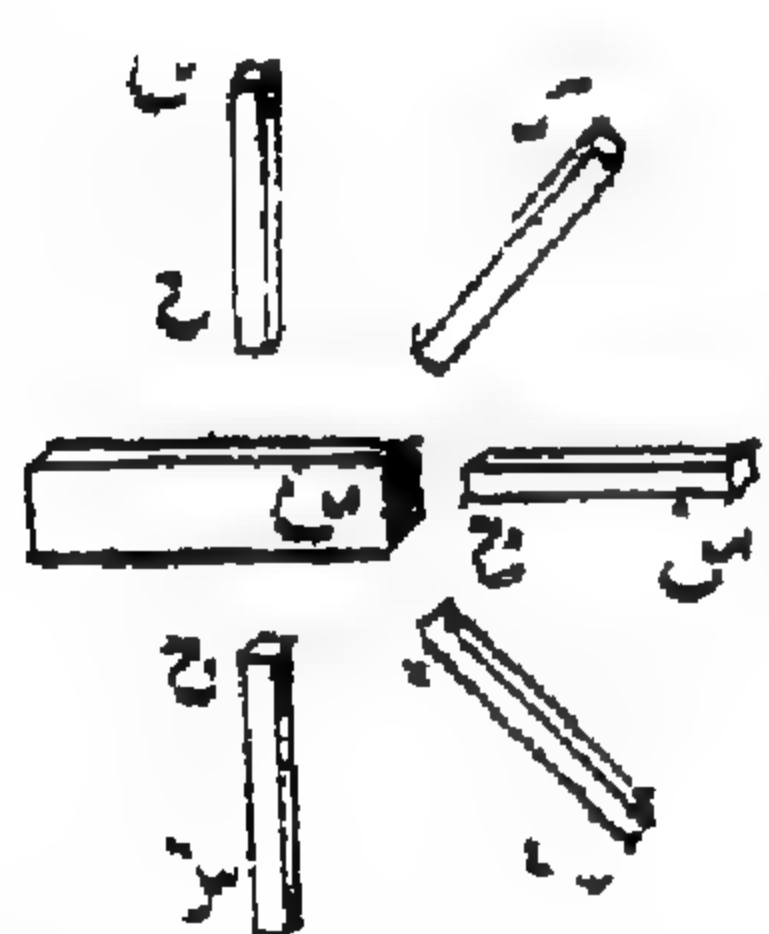


الشكل ٢٢٢

(٢٠٤) الحل المغنطيسية تقدم ان المغنطيس يجذب الحديد وان مغنطيسين تجاذب قطباً هـ ا المتخالفان ويتدافع قطباً هـ ا المتشابهان. فلا يوضح كيفية التي يتربها ذلك يفرض ان في الحديد نوعين مختلفين من الكهر بائية متحدتين معا حول كل دقيقة من دقائقه بحيث يغني احدهما قوة الآخر. فاذا امتس

هذا الحديد مغنطيساً ينحل هذا النوعان الكهر بآتيان او
هاتان قوتان مغنطيسيتان فيه ويتغلب الشمالى منها على
القطب الشمالى والجنوبى على القطب الجنوبى فيمغنط الحديد
اى يصير مغنطيساً ويقال انه تمغنط بأحل المغنطيس اذ يفرض
ان نوعى مغنطيسيته قد انحلا

فالفرق بين المغنطيس والحديد قبل تمغنطه هو ان المغنطيس تفرض
فيه القوتان المغنطيسيتان محلتين الواحدة من اخرى ويفرض ان لكل منهما
فعلا مستقلا عن فعل الاخرى والحديد تفرض فيه المغنطيسيتان متحدتين الواحدة
بالاخرى وليس لها فعل. وعليه اذا امت حلقه من الحديد القطب الشمالى من
مغنطيس مثلاً تنحل مغنطيسيتها الى شمالية وجنوبية فيجتذب المغنطيس الجنوبي
منها ويدفع الشمالية فتصق للحلقة به تصير مغنطيساً مثله. ولذلك اذا امت هذه
حلقة مثلاً من الحديد تنحل مغنطيسيتها وتجتذب الجنوبية وتدفع الشمالية فتصيرها
مغنطيساً من نوعها. وهذه تصير حلقة اخرى مغنطيساً من نوعها بأحل ايضاً وهكذا
حتى تتصل حلقات متعددة من الحديد بالمغنطيس الاصى



بواسطة حله وجذبه لها ولا يلزم ان المغنطيس يمس

الحديد دائماً حتى يحله ويمغنطه فقد يمغنطه عن بعد بغير ان يمس به

فاذا فرض (الشكل ٣٣٣) القطب الشمالى من مغنطيس وضعت

حواله قطع متعددة من الحديد فانه يمغنط كل قطعة

الشكل ٣٣٣

سها بأحل المغنطيسي فيصير اطرافها القريبية منه جنوبية والبعيدة شمالية
هذا وليس المراد من الحل المغنطيسي ان يتجود كل واحد من النوعين
المغنطيسيين عن الآخر بحيث يكون نوع واحد منهما فقط في مغنطيس واحد
او في قطب واحد والنوع الاخر في مغنطيس اخر او في قطب آخر. بل المراد
ان يتهيىج الواحد منهما فيظهر اكثر مما يظهر الاخر مع بقاء الاثنى حول

كل دقيقة من دقائق المغنطيس . لا ما اذا قطعنا مغنطيساً قطعاً صغيراً قبل كل منها قطبان شمالي وجنوبي كما كان له نفسه . ليفرض ش (الشكل ٣٣٣) القطب الشمالي من مغنطيس وج القطب الجنوبي منه وليقطع قطعاً صغيرة فيكون لكل منها قطبان شمالي وهو

الاسود في الشكل وجنوبي وهو

الابيض اذ هي مؤلفة من دقائق لكل

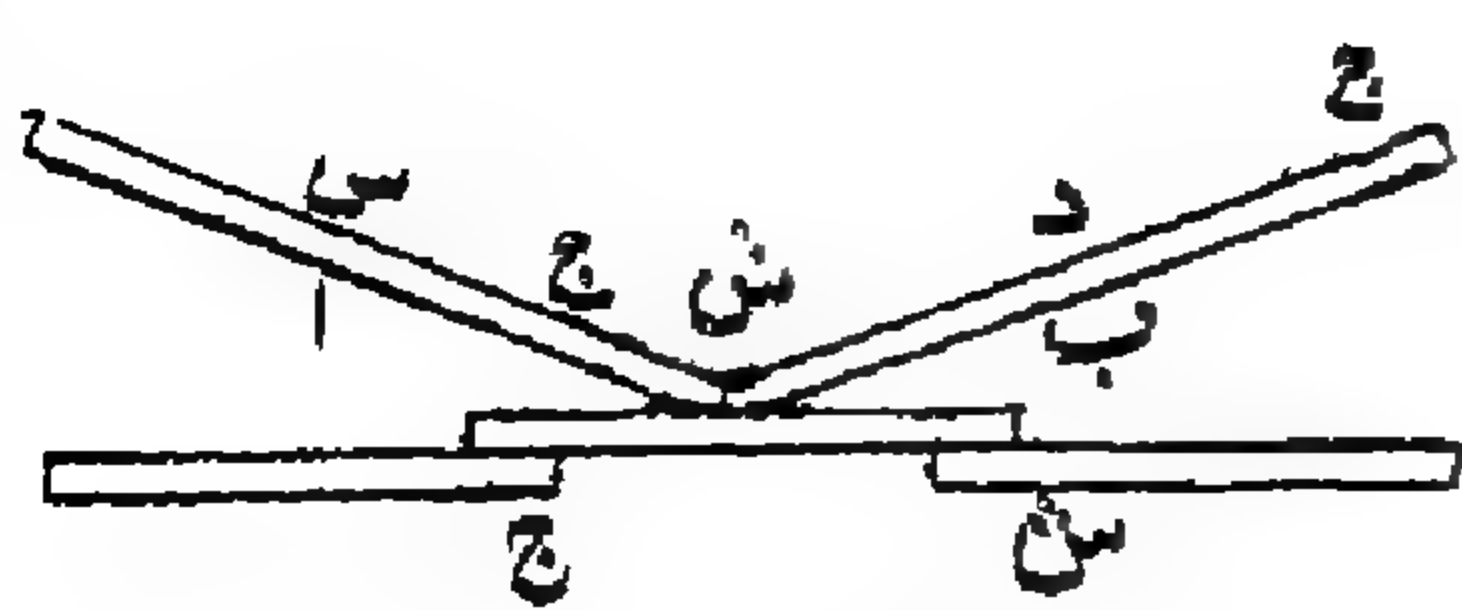
الشكل ٣٣٣

دقيقة منها قطبان ايضاً . ولا يخفى ان القوة الشمالية توجه عملها الى الجهة الشمالية والقوة الجنوبية توجه عملها الى الجهة الجنوبية ولذلك يكون اعظم عملهما على قطبي المغنطيس واما في وسطه فيتحقق احداهما على الاخرى

(٣٠٤) قوة الضبط المغنطيسي . اذا حل المغنطيس حديدية لينة كما تقدم تصير مغنطيساً وتدمركم ذلك مادامت متصلة به ولكنها لا تضبط مغنطيسية ثانياً بل تفقد هاعند انفصالها عنه . بخلاف الفولاذ فإنه اذا قرب من المغنطيس لا يتمخض الا بصعوبة ولكنه متى تمخض وانفصل عن المغنطيس الاصل لا يفقد مغنطيسيته بل يضبطها فيه . ولذلك يقال ان قوة الضبط عظيمة فيه وضعيفة او غير موجودة في الحديد اللين

(٣٠٨) المخططة الصناعية + قلنا ان المغنطيس يكون صناعياً وهو يصنع من الحديد والفولاذ بطرق شتى أشهرها اثنتان الكهربية وسبائك الكرام عليها والدلك او المس . وهذا الما ان يكون في الحديد المستقيم او في النضوي

فاذا اريد اصطناع مغنطيس مستقيم دقيق كالبيرة المغنطيسية مثلاً توضع الحديد او الفولاذ على القطب الشمالي والقطب الجنوبي من مغنطيسين كما ترى في الشكل ٣٣٥ ثم يوضع على هاتين قطبا مغنطيسين آخرين دوس الشئ الى من الواحد والجنوبي من الاخر وضعاً ما فلا عليها دون ان يبقا شئ

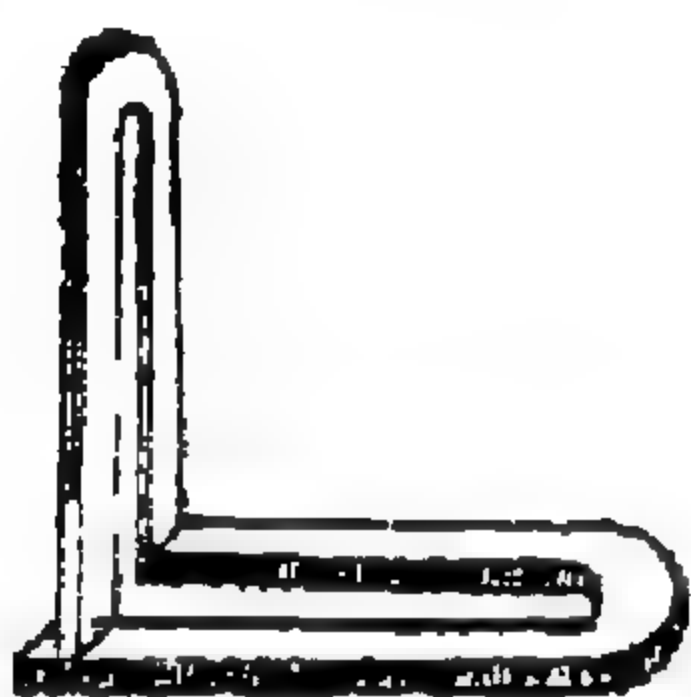


الشكل ٢٣٥

قطباها ويجزئ المغنطيس د باليد اليمنى
الى ب والمغنطيس س باليد اليسرى الى
الى ا. وكلما باقا الى نهايتي التحديد
يوسفان ويودان الى وسطها

وبعد ذلك يقرأ على الوجه الواحد منها وعلى الوجه الآخر حتى تتمغنط
جيد او هذا العمل يقال له المس المفرد

واذا اريد اصطناع مغنطيس مستقيم سميك غليظ توضع الحديد على
صغطينيين ويوضع عليها قطبان مغنطيسيان كما تقدم ثم يفصل بين هذين
القطبين بقطعة من الخشب ويجزئ المغنطيسان معا الى جهة واحدة لا الى جهتين
كأن يجزئ الى ا ثم الى ب او بالعكس مرارا متوالية على



كل وجه من وجهيها حتى تتمغنط جيدا. وهذا العمل
يقال له المس المزدوج. ويجب ان يكون عدد
الدورات على كل نصف من نصف الحديد متساويا تماما

واذا اريد اصطناع مغنطيس نضوي يوضع مغنطيس الشكل ٢٣٦

نضوي عموديا على حديدية نضوية من حجمه كما ترى في الشكل ٢٣٦ وتوضع قطعة
من الحديد على طرفيها ويجزئ المغنطيس من طرفيها في جهة السهم الى متنهاها او
بالعكس ثم يرد الى قوس ويرد الى المكان الذي ابتدأ جوه منه

(٢٠٤) حفظ المغنطيس والحافظة + اذا تمغنط جسم يحمل مغنطيسيته
الى نوعيها فعلى طول الزمان يعود النوعان الى الاتحاد ولو كانت قوة الضبط (عد
٢٠٤) فيه عظيمة والذ لك يخشى عليه من فقد مغنطيسيته على مر الايام. ويلا في
ذلك ببقاء نوعي المغنطيسية محلولين: فان كان المغنطيس سعة قويا فوضع اثنان
منه على الموازاة في عليه وتخالفا قطبيهما حتى يقابل الشمال الى من الواحد الجنوبي
من الاخر وتوضع حديدية على كل قضبان (الشكل ٢٣٤) فيحمل المغنطيسان



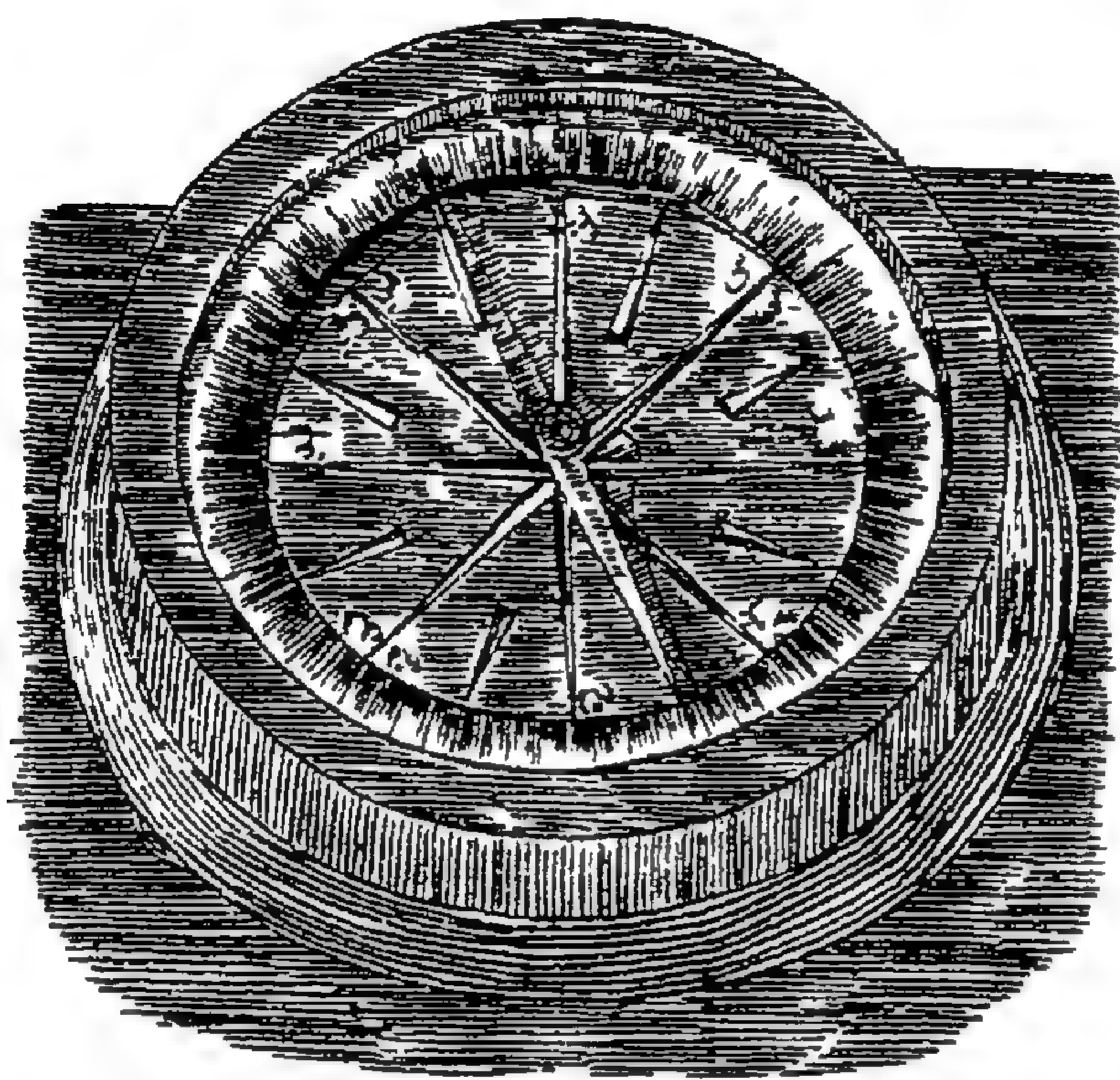
الشكل ٢٣٤

مغنطيسية الحديدتين وممغنطاً كليهما. ثم ان
الحديدتين تتردان الفعل إلى المغنطيسين
فتبتقيان نوعي المغنطيسية محلولين في كل منهما
وتمنعانها من الاتحاد فلا تفقد المغنطيسية من المغنطيس — وان كان المغنطيس
نصوباً توضع حديد على طرفيه فتتمغنط بالحل ثم تفعل بالمغنطيس كما تقدم
فتحفظ مغنطيسيته ولذلك تسمى الحاقطة

مغنطيسية الأرض

(٢١٠) ميل الابرورة + اذا توازنت الابرورة المغنطيسية على
محور اتجاه احد قطبيها شمالاً والاخر جنوباً لان في الأرض قوة توجهها
كذلك. غير ان اتجاهها لا يكون إلى الشمال تماماً ولا إلى الجنوب تماماً
الا في أماكن قليلة على سطح الأرض واما في بقية الأماكن فيتحرف شرقاً
او غرباً عن الشمال والجنوب حسب موقعها. ويعرف انحرافها هذا بميل
الابرورة. فاذا قيل ان ميل الابرورة في بيروت نحو ١٠° غرباً فالمراد من ذلك
ان انحرافها عن القطب الشمالي هو نحو ١٠° إلى الغرب
اذا فرض ان قطر الابرورة المغنطيسية امتداً حتى بلغا القبة الزرقاء ثم سمت دائرة
مائرة فيها وفي سمت الرأس سمت الهاجرة المغنطيسية. فان لم يكن للابرورة ميل
في مكان فهاجرتة المغنطيسية توافقها جرتة الفلكية وان كان لها ميل شرقاً
غرباً فهاجرتة المغنطيسية منحرفة عن هاجرتة الفلكية من الشمال والجنوب شرقاً
وغرباً بقدر ميله — واذا رسم خط على كل الأماكن التي ميل الابرورة فيها متساوياً
او غرباً قيل له خط الميل المتساوي. واذا رسم خط على كل الأماكن التي لا ميل فيها
يقبل له خط الابرورة وهو يحيط بكرة الأرض ويقسمها إلى قسمين شرقي يشتمل الآن على
آسيا وأميركا الشمالية والجنوبية وغربي يشتمل على أوروبا وإفريقيا. ولكن خط الابرورة

من اخط الميل المتساوي ايضاً لا يبقيان دائماً في مواضع ثابتة بل تتغير مواضعهما على
نواحي السنين فربّ مكان يكون الميل فيه شرقياً يصير لاحقاً ميل له ثم يصير مساوياً غربياً.
وهذا التغير يسمى الاختلاف الدائري. ويوجد تغيران آخران احدهما سنوي وفيه تتخوف
الابرة شرقاً عن ميلها الاصل في بعض الفصول وغرباً في البعض الآخر. والاخر اليومي
وفيه تتخوف الابرة شرقاً عن ميلها الاصل في بعض الساعات وغرباً في البعض الآخر



الشكل ٣٣٨

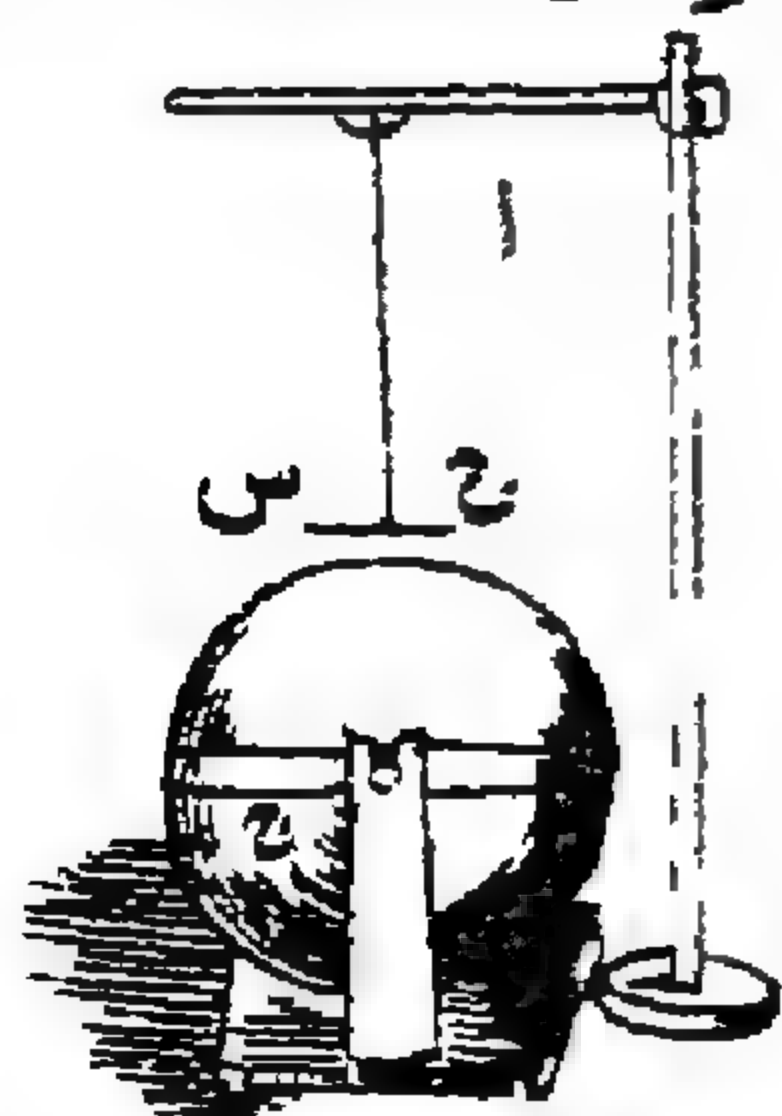
هذا فضلاً عن اختلافات أخر غير منتظمة كما يحدث
عند ظهور المشرق القطبي مثلاً

(٣١١) الحكن + الحكن آلة لمعرفة جهات الاشباح بميل الابرة والمسطح
الارضى ولفتح الاسراج في الارض ولارشاد السفن في البحار والراحلين في
البوادي والقفار: ترى صورته في الشكل ٣٣٨ وهو عبارة عن علية من الخشب
او المعدن مرسوم على قعرها بنجمة ذات ست عشرة شعاعاً كل منها تدل على جهة
من جهات الافق. وعلى محيطها دائرة مقسمة اقساماً متساوية بحيث يقع قسم
الصفير منها على شعاع الشمال وتسمي ٨٠ على شعاع الجنوب. وفي مركزها محور
من الفولاذ على راسه ابرة مغنطيسية تتحرك بسهولة الى كل الجهات

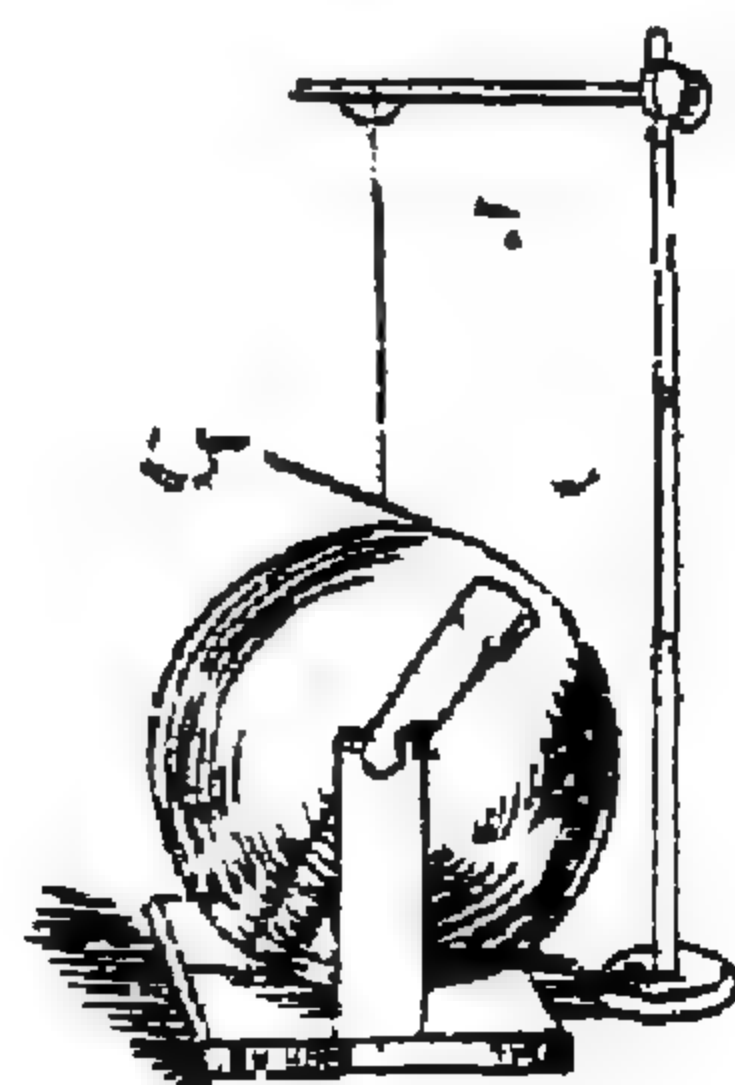
فاذا عرفت الهاجرة الفلكية لمكان عرفت منها هاجرة المغنطيسية بواسطة
الحل. وذلك بان يد ابر الحك حتى تقع شعاعه ش ج منه في جهة الهاجرة الفلكية
تماماً ثم ينظر الى اتجاه الابرة فيكون مقدراً انحرافها عن ش ج هو ميل الابرة في ذلك المكان
ويعبر ايضاً عكس ذلك اعني انه ان كان ميل الابرة في مكان معر فانه عرف منه هاجرة
المكان الفلكية من انحراف خط ش ج عن الابرة شرقاً او غرباً

اما مخترع الحك وزمان اختراعه فيجهولان والظاهر ان الصينيين كانوا
يعتمدون عليه منذ زمان طويل واما الاوربيون فلم يذكروا شيئاً عنه حتى القرن
الثاني عشر بعد المسيح. وكان الملاّحون يعتمدون على الشمس ونجم القطب قبل
استعمالهم فلا يجترءون ان يتوغلوا في البحر ويغيبوا عن البر مخافة ان تغيم السماء عليهم
فيضلوا. واما الان فيجترئون البحار طويلاً وعرضاً ولا يخشون حلك الظلام ولا
اسوداد الغمام لان الحك دليلهم فيرشد هم وهو في قبضة يدهم

(٣١٢) انتكاس الابرة - اذا علقنا ابرة من الفولاذ مثل س ج بخيط
(الشكل ٣٣٩) ووضعنا تحتها كرة في داخلها مغنطيس بحيث يقع المغنطيس
موازياً للابرة فسواء تمغنطت الابرة او لم تتمغنط تبقى موازية للمغنطيس
واما اذا وضعنا تحتها كرة بحيث يقع مغنطيسها مائلاً موازياً للابرة (الشكل
٣٤٠) فيتحقق قطبها الواحد نحو القطب الاقرب اليه من المغنطيس و
يرتفع قطبها الآخر. وهذا ما يقال له انتكاس الابرة. وكذلك الا مرفعة



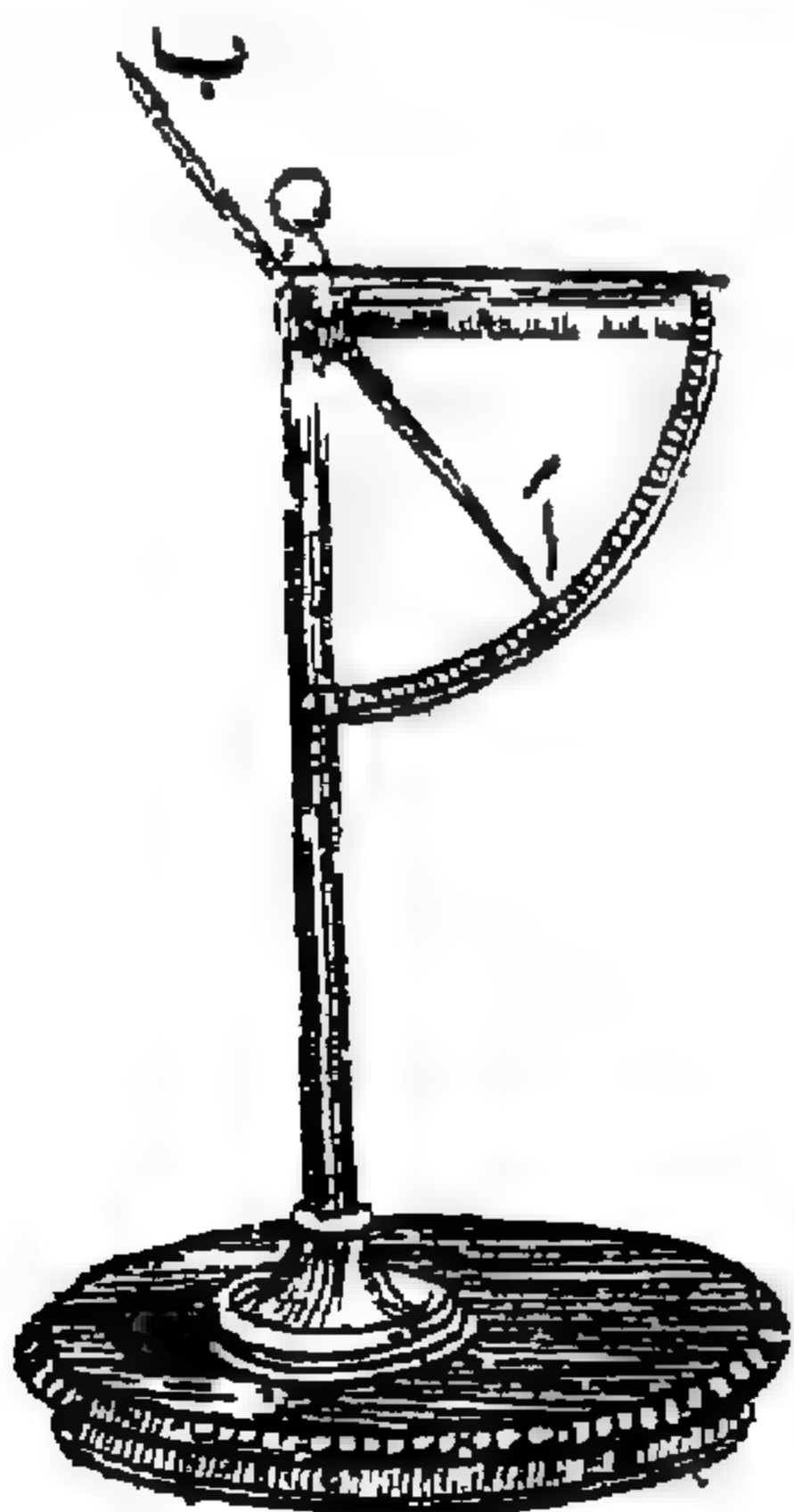
الشكل ٣٣٩



الشكل ٣٤٠

كرة الارض فان الارض تحسب مغنطيساً عظيماً ولذلك اذا عُلِّقَت كَلْبْرَةٌ
كما تقدم في مكان يجعل بُعداً واحداً عن قطبي هذا المغنطيس لم تنكس
قطباً من قطبيها واذا عُلِّقَت في مكان اقرب الى احد قطبيه ما الى الاخر فاذا
لم تتمغنط تبق على وضعها الاصلى ولكنها حالما تتمغنط تنكس قطبها المخالف له
ويقاس مقدار انكاس قطبها هذا بتركيزها على محور افقي بحيث
تتحرك على دائرة سمئية كما ترى في الشكل ٢٢١ فيعرف الانكاس من
بالدراجات المرسومة على تلك الدائرة

وطبقاً لذلك لا يكون انكاس في بعض الاماكن الواقعة قرب خط
الاستواء بل يحد الا بؤة هناك افقية ومن ثم يأخذ انكاس القطب الشمالي في
الازدياد كلما تقدمت شمالاً وياخذ انكاس القطب الجنوبي في الازدياد كلما تقدمت
جنوباً حتى يصير انكاس كل منهما ٩٠ اي حتى يصير عموديين على الافق . فاذا رسم خط
على كل الاماكن التي لا انكاس فيها سمى خط الاستواء المغنطيسي واذا رسم خط على كل
الاماكن التي يكون الانكاس فيها متساوياً سمى خط الانكاس المتساوي . واما المكانان
الذين ان يكون الانكاس فيهما ٩٠ فيسميان القطبين المغنطيسيين . وقد وجد



القطبان رؤس القطب الشمالي منهما سنة ١٨٣٨ في عرض
٥٤ ١٢ شمالاً وطول ٥٩ ٤٢ م غربي ووجد ايضا الانكاس
٣٤ ٢٨ في الاوقيانوس الجنوبي على عرض ٥٤ ٤٢ وطول
١٤٨ شرقاً فحسبوا من ذلك ومن غيره ان القطب الجنوبي
كان حينئذ في عرض ٥٤ ٤٢ جنوبي وطول ١٥٢ شرقاً
لكنه لم يحقق مكانه حتى الآن — وكما ان ميل الكلبة
يختلف على مرور السنين والفصول والايام كذلك
يختلف انكاسها اختلافاً دورياً وسنوياً ويومياً ولكن

الشكل ٢٢١

مقدار اختلاف الانكاس اقل من مقدار اختلاف الميل

(٣١٣) شدة مغنطيسية الأرض : أن قوة مغنطيسية الأرض أعظم في بعض الأماكن مما هي في غيرها والعادة أن تكون على أضعفها في النواحي الاستوائية وعلى أشدها في النواحي القطبية

ويعرف الفرق بين قوتها في بعض الأماكن عما هو في غيرها من عدة اهتزازات الأبرة المغنطيسية في وقت معلوم . لأن القوة المغنطيسية تتغير في مكان كمرّ عدد اهتزازات الأبرة فيه . فإن كانت الأبرة تهتز في مكان معنّاف ما تهتز في مكان آخر في وقت معين كانت المغنطيسية في المكان الأول أقوى مما هي في المكان الثاني ياربعة أمثال : هذا إذا رسمنا على خارطة الأرض خط الاستواء المغنطيسي والقطبين المغنطيسيين وخط الازميل وخطو الميل المتساوي وخطو الانكسار المتساوي وخطو الشدة المتساوية قيل لتلك الخارطة الخارطة المغنطيسية

(٣١٤) الأرض مغنطيسية : ظهر مما تقدّم أن الأرض توجّه الأبرة إلى الشمال والجنوب وانها تتبعها موازية للافق عند خط الاستواء المغنطيسي وتنكسر كلما قربت من القطبين المغنطيسيين . وأن مغنطيسيتها تزداد شدة نحو القطبين المغنطيسيين وتقلّ نحو خط الاستواء المغنطيسي . فهي في كل ذلك تفعل فعل المغنطيس . هذا فضلا عن كونها تحمل مغنطيسية ماعليها من الحديد فإن كل القضبان الحديدية كحديد الخوت والكراسي وقضبان الصاعقة وما أشبه إذا كانت عمودية على الأرض تكون مغنطيسيتها منجهة وقطبها الشمالي إلى جهة الأرض وقطبها الجنوبي إلى خلافها كما يظهر من تقريب الأبرة المغنطيسية إليها . ولا ريب أن حجر المغنطيس كان قبلاً حديداً فمغنطته الأرض بما يحمل المغنطيسي . ولذلك تحسب الأرض مغنطيساً عظيماً ذا قطبين وخط استواء . ولما كان القطب الشمالي من المغنطيس يجذب القطب الجنوبي من الأبرة وبالعكس فإذا حسبنا طرف الأبرة المتجه إلى الشمال قطبها الشمالي وجب أن نحسب قطب الأرض المغنطيسي المقابل له القطب الجنوبي . والشأن في

الكتاب
الذي
هو
في
هذا
الموضع
من
الكتاب
الذي
هو
في
هذا
الموضع
من
الكتاب

الاصطلاح ان يسمى هذا القطب الشمالى ايضا والاخر الجنوبي فراراً من الالتباس
ولو كان الاصطلاح مخالفاً للواقع

اما مصدر مغنطيسية الارض فغير معروف والمظنون من ادلة شتى
ان حرارة الشمس تؤثر في الارض فتخرج فيها عجاري كهربائية وهذه العجاري
تولد فيها المغنطيسية كما سيأتى . والله اعلم

الفصل الثاني

في كهربائية الاحتكاك

(٢١٥) حدود - الكهرباء بائية قوة تظهر على الاجسام لاسباب
شتى كالاحتكاك والضغط والتزكيب والتحليل الكيميائي ونحو ذلك . فاذا
ظهرت على جسم بالاحتكاك او بغيره قيل ان ذلك الجسم قد تهيئ واذا انتقلت
من جسم متهيئ الى جسم ثان قيل ان هذا الجسم الثانى قد تكهرب
(٢١٦) كهربائية الاحتكاك - هذه الكهرباء بائية تظهر على
الاجسام باحتكاكها

فاذا مشط الشعر بمشط من الكوتا برخا سمع له طقطقة لان احتكاك الشعر
بالمشط يهيئ فيه كهربائية تفرق . واذا حك صوف الهرة في الظلام بد امنه الشرط
لان الكهرباء بائية تتهيئ فتضى . واذا مشى الانسان في الايام الباردة الجافة على
الطنافس بالاجوبة يهيئ في جسده كهربائية غير قليلة حتى انه اذا قرب اصبعه
الى حافية الغاز يشعله مما فيه من الكهرباء بائية . واذا حكّت انبوبة من الزجاج
بمنديل من الحرير قيجت فيها الكهرباء بائية فتجذب الاجسام الخفيفة فترتد فعها
واذا قربها الانسان الى وجهه شعر كأن عليه نسيم العنكبوت

(٢١٧) الالكتريشكوب : الالكتريشكوب آلة يعرف بها قهيم الكهرباء بائية

في الاجسام وهو على شكل شتى منها الا لكتروسكوب الرقاص وهو خيط من المحرير



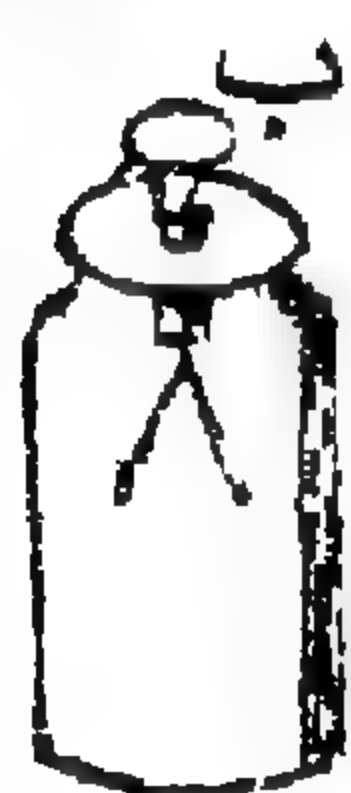
في اسفله كرة من لب السيسبان ومربوط من اعلاه براس ملتوم من انبوبة زجاجية الشكل (٢٢٢) فان كانت الكهرباء مهيبة في جسم وقد تم الى كرة لب السيسبان اجتنبتا فندفعها وان لم تكن لكهربائية مهيبة فيه تركها على ما هي



غير انه اذا كانت كهربائية الجسم ضعيفة لا تؤثر في الالكتروسكوب

الرقاص فيستعاض عنه بالكتروسكوب ورق الذهب وهو ورقتان الشكل ٢٢٢

رقيقتان من الذهب (الشكل ٢٢٣) معلقتان بشرائط من الخحاس عارة في انبوبة



من الزجاج ومنتهية بقرص من الخحاس ب هو غطاء القنينة التي

تحتوي هذه الاجزاء كلها. فاذا قرب الجسم المكهرب الى القرص ب

تتدافع الورقتان فتبعد احدهما عن الاخرى

(٢١٨) الكهرباء نوعان : ان الكهرباء بائية

نوعان زجاجية او ايجابية (+) و مرااتجبية او سلبية (-) الشكل ٢٢٣

فالاجسام التي كهربائيتها متشابهة تتدافع والتي كهربائيتها متخالفة تتجاذب كالمغناطيس

ولبيان ذلك : افرك انبوبة من الزجاج بمنديل من الحرير حتى تتجلبب الكهرباء

فيها ثم قربها من لب السيسبان في الالكتروسكوب الرقاص فتجذب به حتى تكهرب به ثم

تدفعه ولا تعود تجذب به ما دام مكهربا منها. ثم افرك قضيبا من شمع الختم

بقطعة من الفراء او الصوف حتى يتجلبب فيه الكهرباء وقرب به الى لب السيسبان

المكهرب من الزجاج فيجتذب به حاله حتى يكهرب به ثم يدفعه ولا يعود يجذب به ما دام

مكهربا منه. اعد انبوبة الزجاج على اللب حينئذ فيجتذب به اليها حتى تكهرب به ثانية

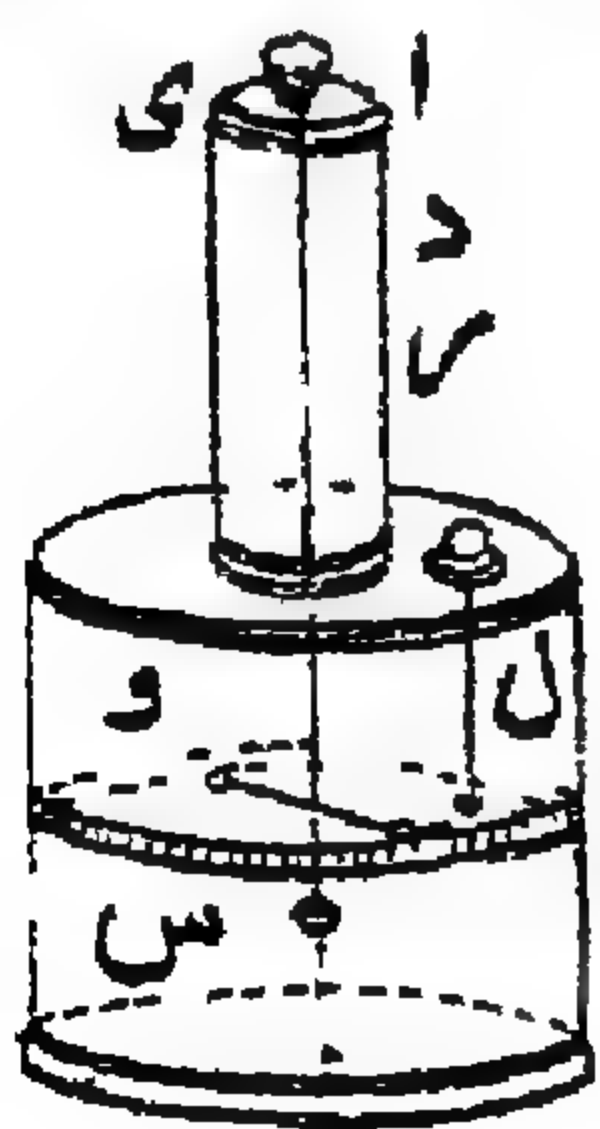
فتدفعه ثم اعد قضيب الختم عليه فيجذب به حتى يكهرب به فيدفعه. فيظهر من ذلك

ان كهربائية الزجاج تجذب ما تدفعه كهربائية شمع الختم وكهربائية شمع الختم

تجذب ما تدفعه كهربائية الزجاجة فاذا هما نوعان مختلفان احدهما يسمى زجاجيا او
ايجابيا لظهوره على الزجاج والاخر يسمى سلبيا او سلبيا لظهوره على شمع الختم وهو مغمرا تنجى
اما كون الاجسام المتشابهة الكهربية تتدافع والمتخالفة الكهربية تتجاذب
فيتضح ما ياتي على علوية على ما تقدم : كهرب كوتين من لب السيسان بكهربائية الزجاج
وقرب احدهما الى الاخرى فتتدافعا وتتباعدا ان كانتهما متجافيتان . وكذلك
كهرب كوتين اخريين من لب السيسان ايضا بكهربائية شمع الختم وقرب
احدهما الى الاخرى فتتدافعا وتتدافعا الكوتين المكهربتين بالزجاج . ثم قدم
هاتين الكوتين الى تينك الكوتين تتجاذب حالاطبقا لما تقدم من ان الاجسام
المتشابهة الكهربية تتدافع والمتخالفة الكهربية تتجاذب

(٣١٤) ناموسا الكهربية : للكهربائية ناموسات احدها
تدافع الاجسام المتشابهة الكهربية وتتجاذب المتخالفتها وقد مر
والثاني انها تتغير بالقلب كمر بعر البعد فتزيد بقدر ما ينقص
مر بعر البعد وبالعكس

ولبيان ذلك يستعمل ميزان القتل الذي اختراعه كولمب وهو مؤلف من
استوانة من الزجاج مغطاة من اعلاها بغطاء من الزجاج ايضا (الشكل ٢٣٣)
وفي وسط هذا الغطاء انبوبة من الزجاج دغير ثابتة يلد تد ارفيه عند الارادة
وعلى اعلى هذه الانبوبة غطاء من النحاس امر كى عليها بحيث يمكن ان يدار بالزورى
وعلى الغطاء هذا دائرة مقسومة ٣٦٠ درجة تدور معه



بدورانه . ويتصل بهذا الغطاء شريطة دقيقة جدا من
الفضة طول قدم منها لا يزن اكثر من ١٠ الفضة معلق بها
قضيب دقيق من اللك وله عند راسه قرص صغير من ورق
النحاس . وقرب حافة الغطاء من ثقب ثان يندل منه قضيب

الشكل ٢٣٣

من الزجاج في اسفله كرة من لب السيسان مذهبة وفي اعلاه

مقبض من الخشب به يُرفع ويُجمع عند الإرادة . وعلى دائرة الأسطوانة الزجاجية دائرة س مقسومة ٢٠ درجة والصفر منها واقع مقابل الكرة المذهبة م .
وكيفية العمل بهذا الميزان ان يحففُ هواؤه ولا يوضع قليل من كلوريد الكس فيه فيمتص رطوبته . ويدار الزرّي حتى يقع الصفر الذي على الغطاء ا تجاه سبابة عند المرّس في الشكل وتدار الاثبوبة دايعنا حتى تفصل شريطة الفضة من الفتل تماماً ونيس القرص ن الكرة م ويقابل كلاهما الصفر على المقياس س . ثم تُرفع الكرة م وتكهرب وتزدّ وعند ما تمس القرص ن تكهربه فيندفع عنها وبعد ان يهتز مدة يحدأ على بُعد معين عنها لان اندفاعه يفتل الشريطة المعلق بها والشريطة تقاوم اندفاعه فتهدأ عنه . ولنفرض انه هداً على بُعد عشر درجات . فاذا دارنا الزرّي حينئذٍ حتى نرد هذا القرص ن الى م وجدنا انه لا يرتدّ خمس درجات حتى يكون الغطاء ا قد دار خمساً وثلاثين درجة . فتكون شريطة الفضة قد انفتلت من راسها مقابل ا خمساً وثلاثين درجة ومن اسفلها خمس درجات : اعني انها تنفتل برّد القرص ن خمس درجات مع مضادة دفع الكهربائية له كما تنفتل لو اندفع القرص ن اربعين درجة . والاربعون درجة هي اربعة اضعاف العشر درجات وقوة الفتل تقاس بزواياها كما اثبت ذلك الطبيعيون بالتجربة . فاذا تكون القوة اللازمة لمقاومة قوة الكهربائية على بعد خمس درجات اربعة اضعاف القوة اللازمة لمقاومتها على بعد عشر درجات اي ان القوة الكهربائية على بعد خمس درجات هي اربعة اضعاف قوتها على بعد عشر درجات . فاذا قوة الكهربائية تنقص بقدر ما يزيد مربع البعد وبالعكس وهذا معنى قولنا انها تتغير بالقلب كربع البعد . وعلى مثل ما تقدّم يستعمل ان القوة المغنطيسية تجري على هذا التاموس (عدد ٢٠٥) وعلى الاسلوب نفسه يجري الامتحان اذا جذبت كرة القضيب ل القرص ن غير ان الكرة والقرص يملآن لذلك كهربائيتين مختلفتين متساويتين المقدار . فنرفع

انوبة الزجاج د قليلاً ويعطى القرص المتحرك اذ تكون الكرة م خارجاً عن الميزان كمية
من الكهرباء بواسطة دبوس منفصل (راى منفصل عن اليد ب زجاج وسيلته
الكلام بعيد هذا عن الانفصال). والمقياس ابر منج بحيث يبعدان عن الصفي
درجات مفروضة يعينها المقياس الاسفل س. ثم ثلاً الكرة الثابتة كهربائية
مخالفة لتلك وترجم الى مكانها فيسير القرص حيث ن نحو الكرة بالجاذبية الكهربائية
ولكن عائق قوة القتل في شريطة الفضة يمنع عن الوصول اليها فيبقى القرص
على بعد درجات بحيث تكون موازنة بين قوة الجذب الكهربائي للجمع بينهما
وقوة القتل للتفريق بينهما. نرحين يد ابر المقياس عند ا حتى تصير تلك الدرجات
مضاعف ما كانت مثلاً نرى قوة القتل قد صارت ٢٠ ضعف . وذلك ايضاً
يثبت الناموس المار ذكره

(٢٢٠) ماهية الكهربائية : ماهية الكهرباء غير معروفة بالقطع
وقد كانوا قديماً يظنون انها مادة سائلة طيفة جداً لا وزن لها متخللة دقائق كل
الاجسام وما الآن يظنون انها كالنور تحصل من اهتزازات دقائق الاجسام
فلا تكون مادة بل نوعاً من الحركة التي تتحركها دقائق الاجسام. غير انها مهما كانت
في كل جسم نوعان ومادام عدان النوعان متوازنين في الجسم يقاوم احدهما
قوة الآخر فلا يظهران واما اذا اختلت موازنتهما بداج من الدواعي كاحتكاك
الحل والتركيب الكيماويين فينفصل كل منهما عن الآخر ويظهر الواحد على الجسم في
جهة مخالفة للجهة التي يظهر الآخر عليها. وهذه الموازنة تختل باقل الاشياء عرق
قص قطعة صغيرة من اللحم يسكن من الفولاذ وشوكة تختل موازنة نوعي الكهرباء فيها
حتى يظهر منها ما يكفي لتخريب ابرة التلغراف. غير انه كما تختل الموازنة باقل الاشياء
تعود على اسهل سبيل فلا نشعر على الغالب باختلالها ولا بعودها

(٢٢١) ظهور نوعي الكهرباء معاً : كلما حلت جسم باخر ينحل نوعاً
الكهربائية فيهما فيظهر احدهما على الحالة والاخر على المحكوك

اذا احكنا انبوبة من الزجاج بمثليل من الحوير تكهرب الزجاج ايجاباً
والحوير سلباً كما يعرف من تقريريهما الاكثر سكوب . ولا يتوهم من ذلك ان الجسم
المحكوك يتكهرب دائماً ايجاباً والحاك سلباً لان عكس ذلك يقع في بعض الاجسام كوقوعه
هو في غيرها . وهالك قائمة مرتبة على شكل انهُ اذا حَكَّ جسمان من الاجسام المذكورة فيهما
احدهما بالآخر فالسابق منهما يتكهرب ايجاباً والتالي يتكهرب سلباً .

(١) فروالهر	(٢) الزجاج	(٤) الخشب	(١٠) الراتنج
(٢) الفلاندلا	(٥) القطن	(٨) اليد	(١١) المعادن
(٣) العاج	(٦) الحوير	(٩) اللك	(١٢) الكبريت

(٢٢٢) الموصل والفاصل : ان الكهرباء تجتاز على بعض
الاجسام باعظم صعوبة وعلى بعضها باعظم سهولة وعلى بعضها بين
بين فالتى لا تجتاز عليها الا باعظم صعوبة يقال لها اجسام فاصلة
او غير موصلة والبقية يقال لها اجسام موصلة

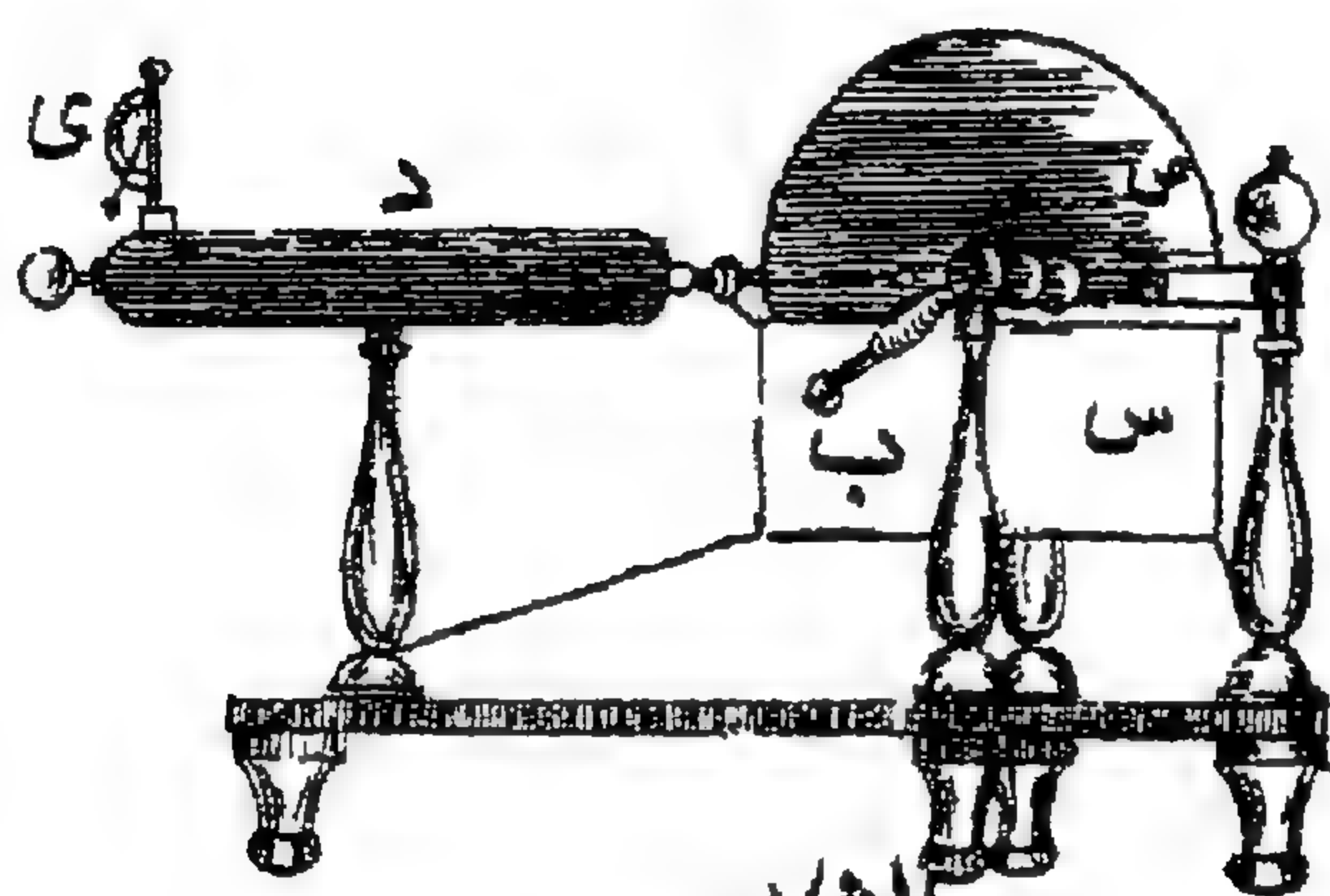
فالناس من احسن الاجسام الموصلة ولذلك يستعمل في
التجارب الكهربائية كلها والزجاج من احسن الاجسام الفاصلة . والجسم
الواحد قد تختلف قوته على الاتصال باختلاف درجة حرارته واختلاف هيئته
فالماء يوصل الكهرباء جداً على حاله الطبيعية ولكنه يزيد قوة على
الاتصال بزيادة حرارته وينقص قوة على الاتصال بزيادة برودته
او بتحويله بخاراً او جليداً او ثلجاً جافاً : وقد تختلف قوة الجسم على
الاتصال ايضاً باختلاف حالته وتركيبه الكيماوى فالعصا الخضراء
موصلة والمشيوية الجافة غير موصلة والفحم موصل والماء غير موصل .
وبالاجمال يقال ان المعادن والماء وكل الاجسام الرطبة والحيوانية والنباتية
والارض نفسها موصلة واما الهواء الجاف وكل المواد الراتنجية والزجاجية ففاصلة
وهالك قائمة تشتمل على اسماء اجسام اجود الموصلة والفاصلة

الموصلة		الفاصلة	
المعادن	الخوامض	الهواء والغازات الجافة	الشمع
النخس	النباتات	الورق الجاف	الكبريت
الذهب	الحيوانات	الحديد والزجاج	الكهرباء
الماء	الشجر	الماس والحجارة الكريمة	الملك

(٢٣٢) حصر الكهرباء وتجميعها : إذا تكهرب جسم موصل لم يتبق الكهرباء فيه بل حالما يمش الأرض التي هي موصل جيد أيضا تنتقل الكهرباء منه إلى الأرض (الحوض الكهربائي العظيم). ولذلك لا نظهر الكهرباء على النحاس مرما خلقت ليس لأن حكمة لا تهيء الكهرباء فيه (مع أن الكهرباء تهيء في كل جسم موصلا) بل لأنه موصل جيد فحاله ما تهيء الكهرباء فيه تغفل منه وتجتاز إلى جسد من يحكه. ولما كانت الأجسام الفاصلة لا تؤذن للكهربائية بالاجتياز عليها فاذا احتلت بجسم موصل حصرت كهربائيتها فيه ولم تفرغ لها منفذ للدوران منه فيقال حينئذ أن ذلك الموصل مفصول. وعليه يفصلون الموصلات بعمل قوائمها من الزجاج أو بوضعها على أقراص من الراتنج أو بلف خيوط من الحرير عليها ونحو ذلك. غير أن أجود الأجسام الفاصلة لا بد أن يسهل لقليل من الكهرباء بالاجتياز عليه ولذلك لا بد من أن تغفل الكهرباء من جسم مكهرب على طول الزمان ولو فصل بأحسن فاصل. هذا فضلا عن أن رطوبة الهواء تزيد قوة الفاصل على الاتصال ولا سيما الزجاج لأن رطوبة الهواء تتكاثف عليه كثيرا. ولذلك يحصر الكهرباء في الأيام الرطبة الهواء أو المغيرة الممطرة. وهذا هو السبب في كون الآلات الكهربائية لا تعمل جيد إذا كان الهواء حولها رطبا

الآلات الكهربائية

(٢٢٢) آلة ترسدين الكهربائية : الآلة الكهربائية كل آلة
تجمع بها الكهرباء . وأول من اخترعها أطوقن كركي مخترع مفرغة
الهواء . والغرض الآن وصف آلات كهربائية الحث وهي عديدة
نذكر منها آلة ترسدين وتعرف بذات القرص .



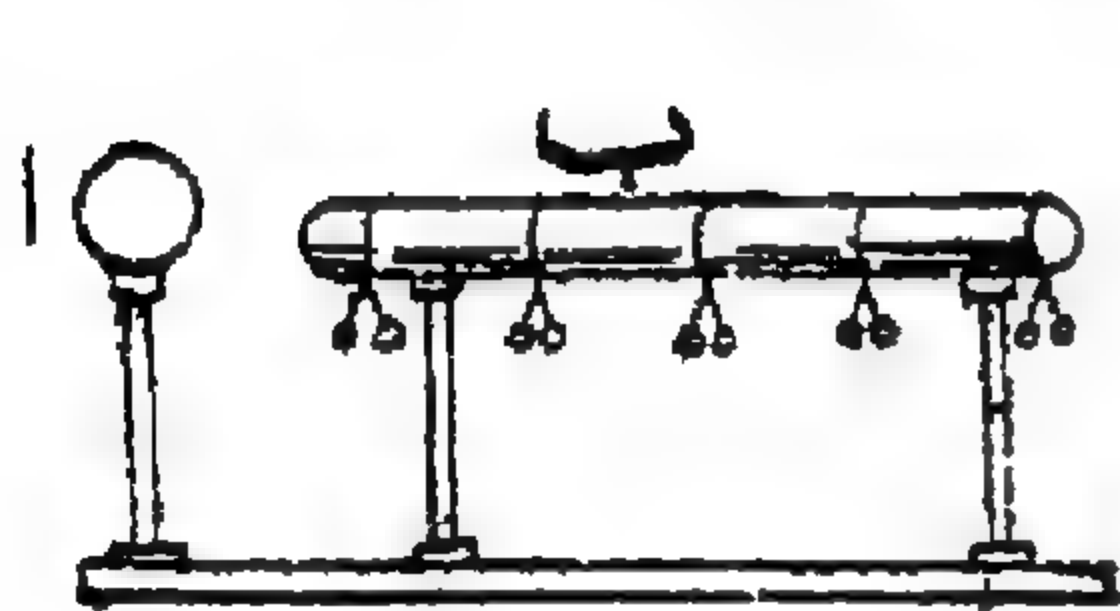
الشكل ٢٢٥

اشتهر اجزاء هذه الآلة اربعة القرص والحكاك والقضيب المسنن والموصل
الاكبر . اما القرص فيصنع من الزجاج من (الشكل ٢٢٥) ويوضع بين قائمتين
من الخشب الصلب الجاف ويدان بواسطة مقبض . واما الحكاك س س
فيصنعان من الخيزران المجلد المطلي بملغم وهو مزيج من التوتيا والمقصدير
والزئبق ويوضعان على جانبي القرص ويلصقان به بواسطة لولب حتى يمتد
بهما متى دار . واما القضيب المسنن فقضيب من النحاس له على احد جوانبيه
اسنان يمتد من طرف الموصل الاكبر حتى تقع اسنانه قبالة قرص الزجاج
وقربه . وقد يكون في الآلة قضيبان منه . واما الموصل الاكبر فاستوانة
من النحاس وموضوعة على قائمة من الزجاج ومستديرة الطرفين حتى لا يسرع
اقلاب الكهرباء منها الى الهواء ويمتد القضيب المسنن من طرفها الذي يلي
القرص ولها في طرفها الاخر كرة من النحاس

وكيفية جمع الكهرباء بهذه الآلة ان يد اى القرص من فيمكن الحاك كان عليه فتتجهيم فيه الكهرباء الايجابية وتتجهيم فيها الكهرباء السلبية كما يعرف بالالكترسكوب ثم تنتقل كهربائية القرص من الى اسنان القطيب المسنن لان الكهرباء تطلب الرؤس كما سيبحى وتجتاز عليه حتى تجتمع في الموصل الاعظم المنفصول على قائمة الزجاج. ثم اذ ابقيت الكهرباء السلبية على الحاكين تطلب دائما ان تتحد بالكهربائية الايجابية التى تتجهيم على الزجاج واذ التحدت بها عادت الموازنة بينهما ولم يمكن جمع واحدة منهما. ولذا لتعلق بالحاكين سلسلة او اكثر من الخاس لم ترسم في الشكل وقد لى الى الارض (حوض الكهرباء العظيمة) فتتحد كهربائيتها السلبية بكهربائية الارض الايجابية وتبقى كهربائية قرص الزجاج وحدها هذا اذ اريد جمع الكهرباء الايجابية واما اذ اريد جمع الكهرباء السلبية فتفصل قوائم الآلة بوضعها على مفاخر سميكة من الزجاج او من الراتينج. وقد لى من الموصل الاعظم سلسلة معدنية الى الارض لتوصلها بها. فبعد ما تتجهيم الكهرباء بحل الحاكين على القرص تغلبت الايجابية من الموصل الاعظم الى الارض بواسطة السلسلة المعدنية واما السلبية فتبقى على الحاكين. واذا كانت هذه الآلة متقنة العمل جديدة الملمع وكان الهواء جافاً انحط فيها دوائر من المنور حول القرص مؤلفة من شرار كهربائى يظهر ما بين سطح القرص الحاك وتسمع له ملقطقة ويتناول الشرار الكهربائى من الموصل الاعظم عن بعد بضعة قراريط (٢٢٥) الكثر ومتر الربيع. كثير امانتم الكهرباء بالسائل الكهربائى وموافقة لذلك يقال ان هذا النوع مملوء من السائل الكهربائى اعنى انه قد تكهرب. ومقدار هذا الابتلاء متفاوت. فاذا ارادنا ان نعرف مقدار امتلاء الموصل الاعظم في ذات القرص استعملنا الكتر ومتر الربيع (الشكل ٢٢٥) وهو نصف دائرة من العاج او خوص عجول على عمود من الخشب ومقسوم مئة وثلاثين درجة يبتدىء عندها من اسفل فصاعداً. وفي مركز قضيب دقيق من عظم

الحوت يتحرك على نفسه وله في راسه كرة من لب السيسبان ويسمى دليل الالكترونات
فإذا كان الموصل الأعظم خالياً من الكهرباء كان هذا الدليل مدلى
فحو الموصل الأعظم عمودياً على الأفق . وكلما امتلأ الموصل الأعظم كهربائية
كهرب الدليل منها ودفعه عنه فارتفع الدليل على الدرجات ويقف عند ما تبلغ الكهرباء
حداً ما في الزيادة فيعرف مقدارها من الدرجات التي ارتفع الدليل عليها

(٢٢٤) الحل الكهربائي : إذا انفصل جسم موصل للكهربائية
ووضع على بعد معين من جسم آخر مكهرب تكهرب هو أيضاً
بأنحلال نوعي كهربائيته . ولذلك يقال إنه 'تكهرب بالحل'



ولبيان ذلك افصل جسماً مكهرباً مثل

(الشكل ٢٢٤) وعلق اذواجاً من كرات لب

السيسبان على وسط جسم موصل ب وعلى

اقتسام أخر منه كما ترى وافصل هذا الموصل

الشكل ٢٢٤

بوضعه على قوائم من الزجاج وضعه قرب الجسم المكهرب ولكن أبعد من أن

تنتقل الكهرباء اليه شراً فتجد أن كل زوج من اذواج لب السيسبان تتدافع

كرتاه وتتباعدان إلا الزوج المعلق في وسط الموصل تماماً . وإن تباعد كرات

كل من الزوجين المعلقين على الطرفين يزيد عن تباعد غيرها ويأخذ من ثم في

التعاقص بين كل كرتين من بقية الاذواج حتى يتلاشى في الوسط

ثم إن كانت كهربائية الجسم ايجابية وقرب الالكتروسكوب الى الموصل ب

يوجد نصفه المتجه الى اسليبياً ونصفه الأخر ايجابياً وإن كانت كهربائية اسلبية

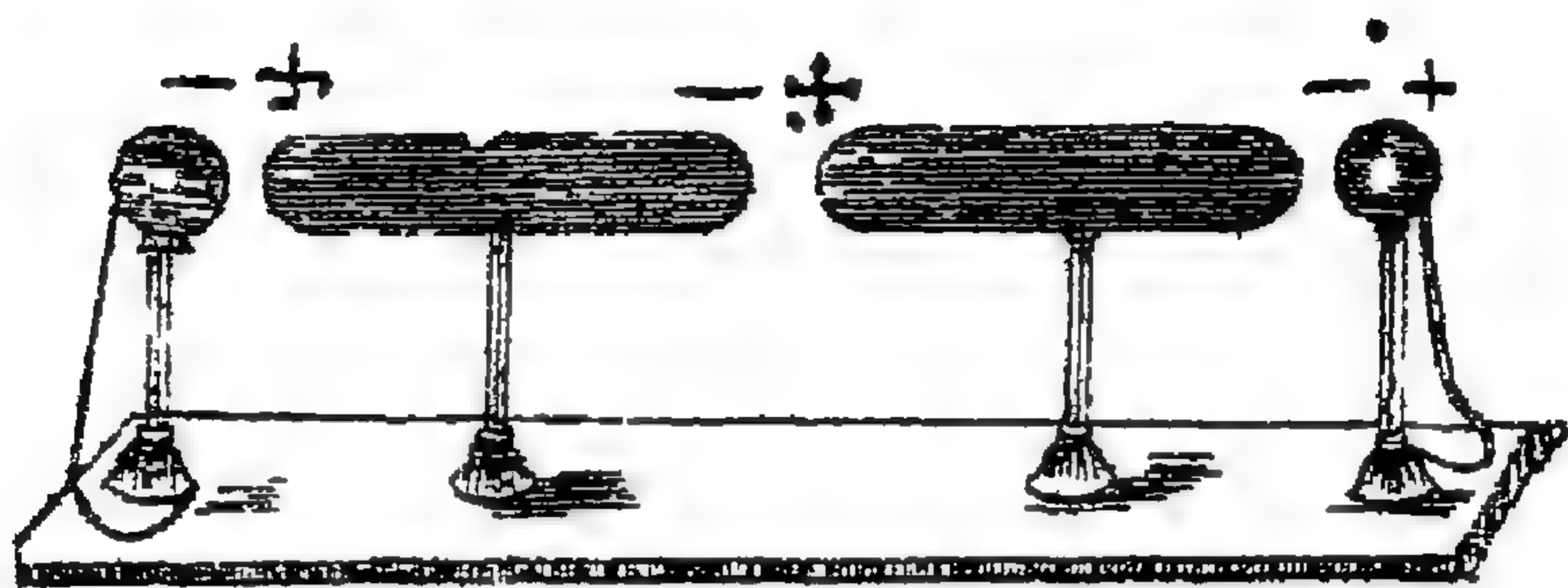
كانت كهربائية نصف الموصل ب المتجه اليه ايجابية وكهربائية النصف الآخر

سلبية . أي أن النصف الأقرب الى ايتكهرب بخلاف كهربائيته والنصف الأبعد

يتكهرب بمثل كهربائيته . فيكون كل طرف من طرفي الموصل قد متكهرب

بكهربائية مخالفة لكهربائية الأخر ويقال إنه قد استقطب

(وعليه اذا وضعت موصلين او اكثر بين كرتين من النحاس كما ترى في الشكل ٢٢٤ ووصلت احدى الكرتين بالقطب الايجابي من الالة الكهربائية والاخرى بالقطب السلبي فالموصلان يتكهربان ويستقطبان بالحل الكهربائي فتختلف كهربائية الكرة الكهربائية الطرف الاقرب اليها من الموصل الذي يليها وتنشأ به كهربائية الطرف الابعد عنها منه

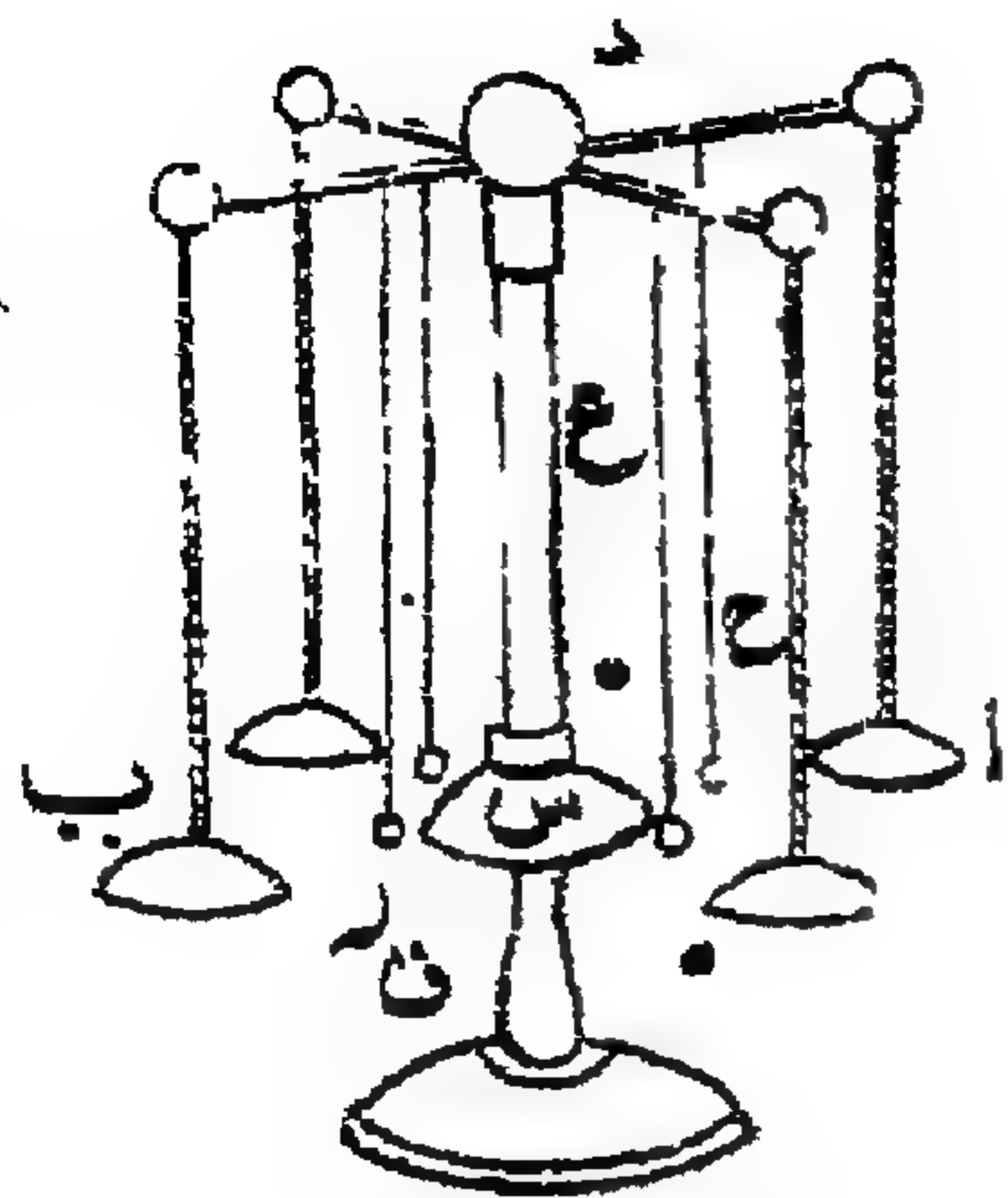


الشكل ٢٢٤

(٢٢٤) تعيل ٢ الحل الكهربائي في ذهب الملاممة فارادى في تعيل الحل الكهربائي - اولا ان دقائق الجسم تفعل بها الكهربائية بالحل كما تفعل بالموصلات التي في الكلام عليها فتكهرب احد قطبيها ايجابا والاخر سلبا. وذلك انه متى استقطبت دقيقة بحل كهربائية تملأ هي كهربائية الدقيقة المجاورة لها وهذه تملأ كهربائية الدقيقة المجاورة لها ايضا وهكذا حتى تستقطب دقائق الجسم كله فيكون طرف كل دقيقة منها مكهربا بعكس كهربائية الطرف المقابل له. وثانيا ان الدقائق التي قد انحلت كهربائيتها فاستقطبت كما تقدم اذا كانت في فاصل فكل كهربائية كل منها تبقى فيها ولا تنتقل الى غيرها واما اذا كانت في جسم موصل فكل كهربائيتها تبقى فيها بل تنتقل منها الى المجاورة لها حتى تتجمع الايجابية منها على طرف والسلبية على اخرها مرة في استقطاب الاجسام الموصلة (عد ٢٢٤)

(٢٢٨) الجذب والدفع الكهربائيان لا يحصل جذب بالكهربائية ولا دفع على الاطلاق ما لم يسبقها الحل الكهربائي كما في المغنطيس (عد ٢٠٤)

ويتفهم ذلك من دقا الجراس الكهربائية (الشكل ٢٢٨) فالجوسان اوب معلقان بسلسلتين على قضيب معدني (وكذلك الجوسان اللذان يليانها ويتصل بهن القضيب كرتان معدنيتان ايضا ح و د معلقتان ومفصولتان بخيطين من الحرير ويوجد جوسان آخر س متصل بالارض بواسطة القائمة ق التي هو عليها ومنفصل عن الكرة المعدنية د بقا صل من الزجاج ع. فتوصل



الشكل ٢٢٨

الكرة د بالموصل الا عظم من الالة الكهربائية وتوصل الالة الكهربائية الجوسان س فتصل منه الى الجوسان اوب. ثمران هذين الجوسان يجاذبان كهربائية الجوسان س فتصير كهربائية سلبية ويجاذبان ايضا كهربائية الكرتين ويجذبانها حتى يملأها من كهربائيتها ثم ينفردا فثمة فترافص الكرتان بين هذه الجراس الثلاثة فتدق تأثرة هذا وطورا هذين مادامت الكرة د فتوصل الكهربائية اليهما. وهكذا يقال في الجوسان الاخرين المعلقين

ويتفهم ذلك ايضا من التماثل الراقصة (الشكل



٢٢٩) وهي تماثل صغيرة من لب السيسيان توضع بين قوسين معدنيين اعلاهما يدي بسلسلة من الموصل الاعظم واسفلهما يتصل بالارض. فعند ادارة الالة الكهربائية يتكهرب القرص الاعلى بالكهربائية الايجابية فيجذب القرص الاسفل ويكهربه بالسلبية ويجذب التماثل (الشكل ٢٢٩)

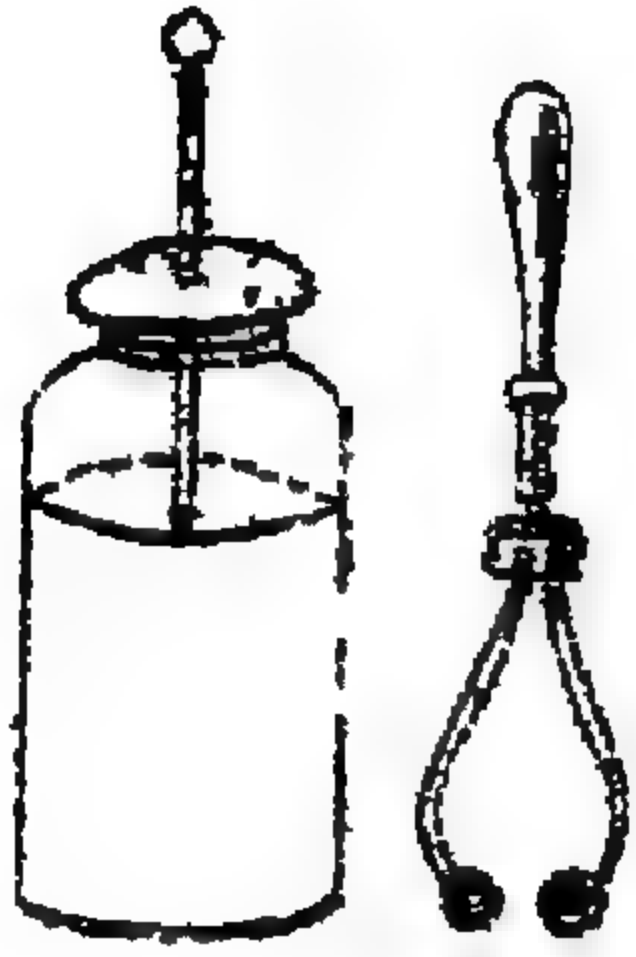
الشكل ٢٢٩

بين قوسين يما القرص الاسفل ويدفعها ايضا فتتراقص بينهما (١)

(١) يدان لكان قرص الالة الكهربائية ببضوء واذا غرزت ديايس في اقدار التماثل ملكت دوسها

وعلى ما تقدم يعلل جذب الزجاج المحكوك للثب السيسبان ودفعه له
(٢٤٢) القنينة الكهربائية هذه قنينة من الزجاج مكتسية

من الخارج ومبطنة من الداخل بورق القصدير إلا أعلاها من قرب



الشكل ٢٥٠

منحنى عنقها فيما فوق (الشكل ٢٥٠) ولها سد

من الخشب المشوي يمر في وسطه شريطة معدنية

في أسها تفاحة من الخشخاش وفي أسفلها

سلسلة تقدي إلى بطانة القصدير وتتملأ

كهربائية بأن تقرب تفاحتها إلى الموصل

الأعظم من الآلة الكهربائية ويوصل كساؤها القصديرى الخارج بالأرض

بواسطة جسر موصل . فيجرب شرر من الموصل الأعظم إلى بطانتها

القصديرية . وتفرغ من الكهرباء بآلة يقال لها المطلق وهي شعبتان

معدنيتان مدملكتان إلى أسين ولهما مقبض فاصل من الزجاج . فيوضع رأس

أحدهما على تفاحة القنينة ورأس الأخرى على كساؤها الخارجى فيحدث من ذلك

نور وصوت . وتتفصل أجزاء صغيرة من البطانة والكساء فتخترق وتكون

النور وتزيد بالمعاني . ولولس الإنسان التفاحة بيده الواحدة والكساء

بيده الأخرى والقنينة صلاصة لشعر بهزة عنيفة ترابما تنفض عليه^(١)

ويتنخم الأمتلاء والتفريغ من الشكل ٢٥١ فإذا ملئت من كهربائية

(١) تشب هذه القنينة إلى مدرسة ليدن الجامعة في هولندا الآن الأستاذ مونشنيروك

اكتشفها هناك سنة ١٧٢٤ وذلك أنه أراد أن يكهرب الماء في قنينة فادخل في سداها شريطة

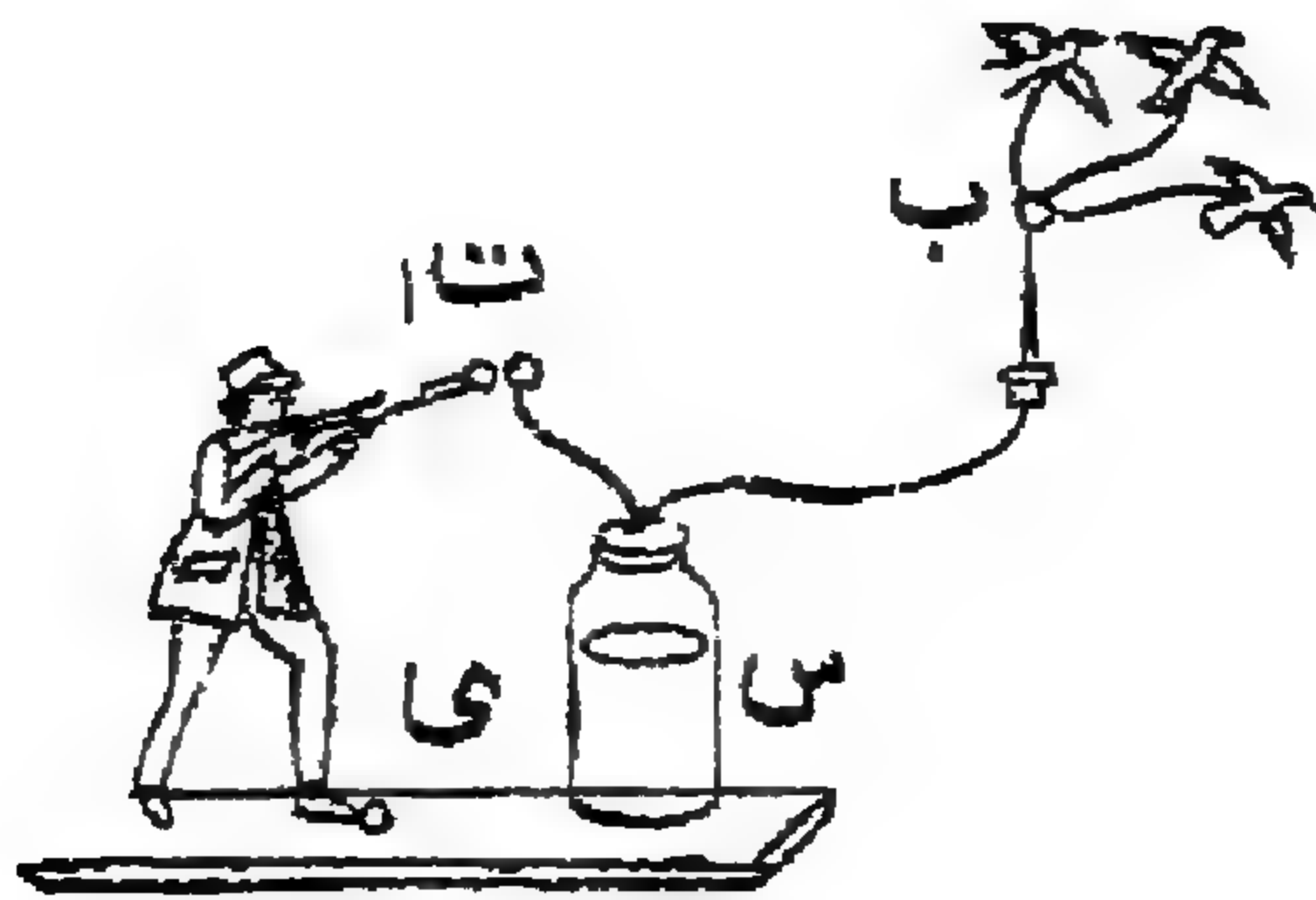
معدنية تصل إلى الماء وقربها إلى الموصل الأعظم بيده الواحدة فشرب الله أن يرفع

السداد فسلك الشريطة بيده الأخرى والحال شعر بهزة عنيفة في ذراعيه وصدره

كأدت يقضى عليه وأبقتة يومه عليا . وبعد قليل كتب إلى صديقه رابوينا الفرنسي

رسالة يقول فيها أني لن أعيد ذلك ولويغير نسأكلها

تكررت العصا في الحلقة فتدافعت وتطايرت . ثم اذا امست السلسلة في رجل التمثال



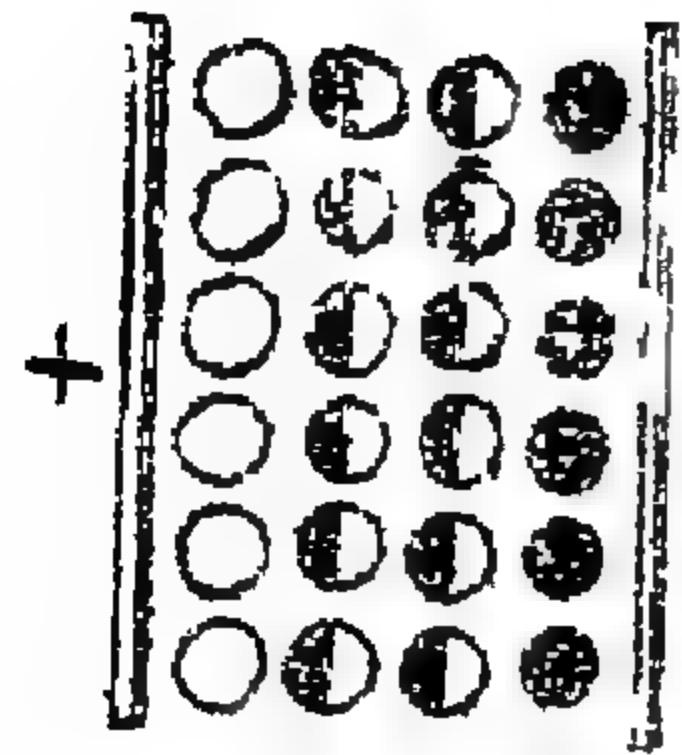
الشكل ٢٥١

المعد في الحامل البندقية الماسية تتفرغ القنينة بصوت كطلة الباردة
فتسقط العصا فير لتفرغ كهربائيتها ويظهر كأن التمثال قد راها بالباردة فاصابها
(٢٣٣) ايضاح القنينة اليدوية : قد تقدم ان لفظة الامتلاء تستعمل
في الكهربائية مجازا الحقيقية ولذلك يكون امتلاء القنينة اليدوية من الكهربائية
معابر الامتلاء الحجر من الماء فان اللوح الزجاجي يمكن ان يمتلئ كهربائية كما
تمتلئ القنينة اليدوية اذ انبثقت تصديرا مثابا . فالاعتقاد في هذا الامتلاء على
وجود سطحين موصلين للكهربائية يفصل بينهما جسم غير موصل لها ككساء
القصد يربطان في وزجاجة القنينة اليدوية بينهما . والدليل على كون القصد يربط
لا يغيد الا الايضاح في القنينة اليدوية ونحوها هو انه اذا صنع للقنينة كساء
وبطانة يركبان عليها وينزعان عنها عند الاقتضاء فتمت كهربائية ونزع عنها
لا ينفلت من الزجاج ولا من واحد منها وحده ولا من اثنين معا من هذه الثلاثة
الا قليل جدا من الكهربائية . ثم اذا اركبنا عليها واطلقت الكهربائية بالطلق
ظهرت بقدر ما تظهر لو كانا ينزعان عنها

ويتنضم امتلاء القنينة من الشكل ٢٥٢ وهو صورة قطعة صغيرة من
جانب من جوانب القنينة مكشورة بطائنها و م كساءها والكريات التي بينهما
الدقائق المتألف الزجاج منها فعند دخول الكهربائية الايحائية من الموصل

الاعظم الى داخل القنينة توزعها البطانة على القنينة فتستقطب دقائق الزجاج

وتمتلئ دقائق الكساء الخارجي كهربائية ايجابية بالحل . ثم



ان البطانة التي تكهربت بكهربائية الموصل الاعظم

الاجيائية تزداد اليه من كهربائيتها السلبية قدر ما زالت

من كهربائيتها الاجيائية . والكساء الذي تكهرب سلباً يفلت

من كهربائيتها الاجيائية قدر ما زال من السلبية ولذلك

اذا انفصل ولم يتصل بموصل ما يفلت كهربائيتها الاجيائية اليه ينقطع دخول

الشحن الكهربائي الى القنينة . ولما كان الكساء والبطانة يغلفان قدر ما ينالان من

الكهربائية فسواء امتلأت القنينة او لم تمتلئ يكون مقدار الكهرباء فيها

واحد وانما الفرق في الحالين لها متى امتلأت تتوزع الكهرباء فيها خلافتوزعها

متى فرغت . ولاجل البساطة بعبارة البسط واسهل نقول

انه في القنينة اليدوية بالوصل بين الآلة الكهربائية وبطانة

القنينة تتجمع كمية وافرة على البطانة من الكهرباء الايجابية عند تشغيل

الآلة فتجذب تلك الكمية كمية وافرة بقدرها من السلبية من الارض الى الكساء

الخارج بواسطة سلسلة معدن او موصل اخر بينهما وقد فرغ عنه الايجابية الى نحو

الارض اذ تكون صفيحة زجاج فاصلة بين الكمية الايجابية على البطانة والسلبية

على الكساء فلا يتأق تفرغها . واذا ابطلت الآلة ورفع الموصلان المذكوران الى مأدعة

مفصولة تكون قد وضعت عليها القنينة تحفظ الكميتان المفصولتان مدة . واذا

وصل بينهما عند الادادة بالمطلق يحصل التفريغ . ثم لان الكميتين المجمعتين بين

الزجاج وكل من البطانتين تزدادان الى حد ما ولا تتجاوزانه وان بقيت الآلة

تشتغل يقال مجازاً حيث ان القنينة قد امتلأت ويقال للكميتين المجمعتين

الامتلاء الكهربائي للقنينة . واذا وصل الكساء بالآلة وبطانة القنينة بالارض

ينعكس العمل وتنتج الكهرباء الايجابية على الكساء والسلبية على البطانة

(٢١٣) البطارية اليدوية. كما اتسع سطح الكساء والبطانة زاد امتلاء القنينة قوة. واتساع سطحها إما أن يكون بتكبير القنينة أو بتكثير عدد القناني الصغيرة ووصل سطوحها معاً بموصلات. ويقال لهذه القناني البطارية اليدوية وكيفية وصل بطاناتها أن يمد شريط موصل من فتاحة إلى أخرى من فتاحاتها ووصل كسائنها أن توقف كلها على سطح واحد معدني. فتملأ وتفرغ كالقنينة الواحدة.

(٢١٤) تجتمع الكهرباء على الأجسام إذا تكهرب الجسم تجمعت الكهرباء على سطحه وغلفت كل ظاهرة غلافاً رقيقاً يفلت كلما سحت له القرصة.



ولبيان ذلك طوق شتى منها عملية بيرو وهي

أن تركز كرة من النحاس على فاصل من الزجاج ثم أن يطبق

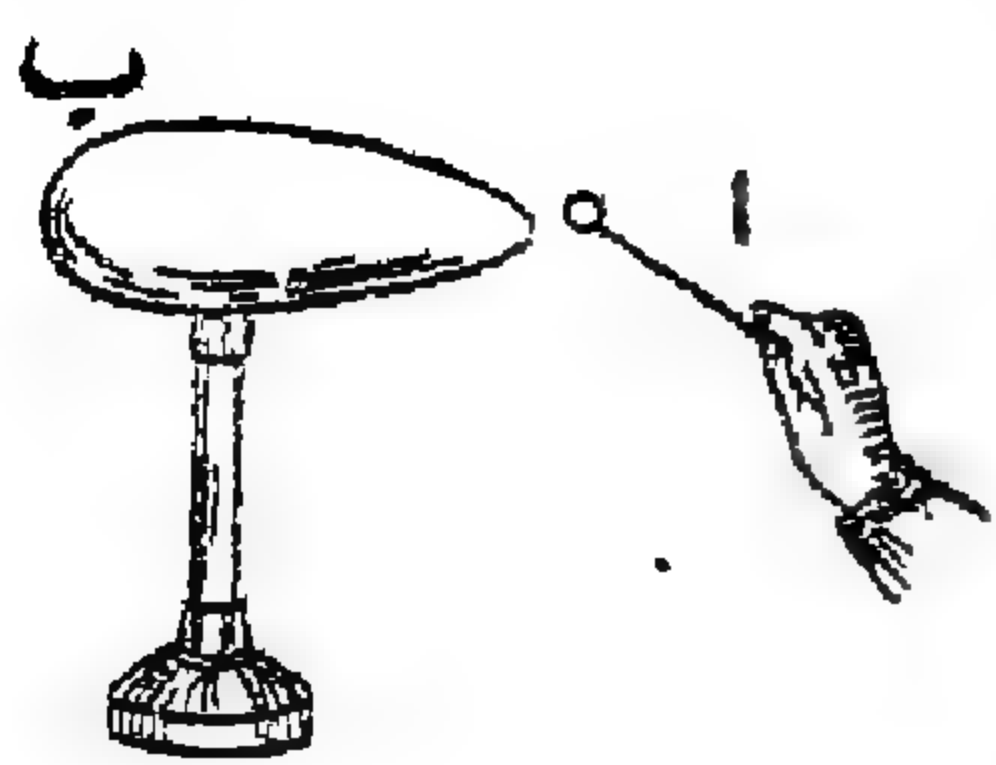
الشكل ٢٥٣

عليها نصف الكرة فجوفان من النحاس لكل منهما مقبض فاصل من الزجاج وتقرّب إلى جسم مكهرب حتى تمتلئ من كهربائيتها وينزع النصفان عنها حالاً بعد امتلائها ويقربان إلى الكترسكوب فيجذبان كرة السيسبان ثم يبدآن في الكترسكوب الرقاص ويبعدان ورقتي الذهب أحدهما عن الأخرى في الكترسكوب ورق الذهب. وأما الكرة النحاسية نفسها فلا تفعل شيئاً مما تقدّم وذلك يدل على أن الكهرباء تجمعت على سطح نصف الكرة. وسببه أن دقائق الكرة النحاسية توصل كهربائيتها بسهولة إلى كل الجهات فلا تتجمع الكهرباء فيها. وأما دقائق النصفين اللذين عليها فلا تغلت الكهرباء منها إلا بصعوبة لأنها حاطة بدقائق الهواء ودقائق الهواء غير موصلة فتتجمع الكهرباء عليها.

(٢١٥) شكل الجسم وتوزع الكهرباء عليه

إذا كان الجسم كرويّاً توزعت الكهرباء على كل سطحه بالسواء. وأما إذا كان مستطيلاً مرأساً فتتجمع بالكثرة على رأسه وتطلب إلا فلا ت عنه من هناك.

ولبيان ذلك نخذ سطح البيان وهو قضيب



من اللك على رأسه قرص رقيق مستدير من المعدن
ومش به جسمًا كرويًا مكهربًا في أقسام متعددة منه
وكلاهما سمت قسمًا به قوته إلى الالكترسكوب الرقاص
فتجد أن مقدار جذب اليه للبيسيان واحد دائمًا

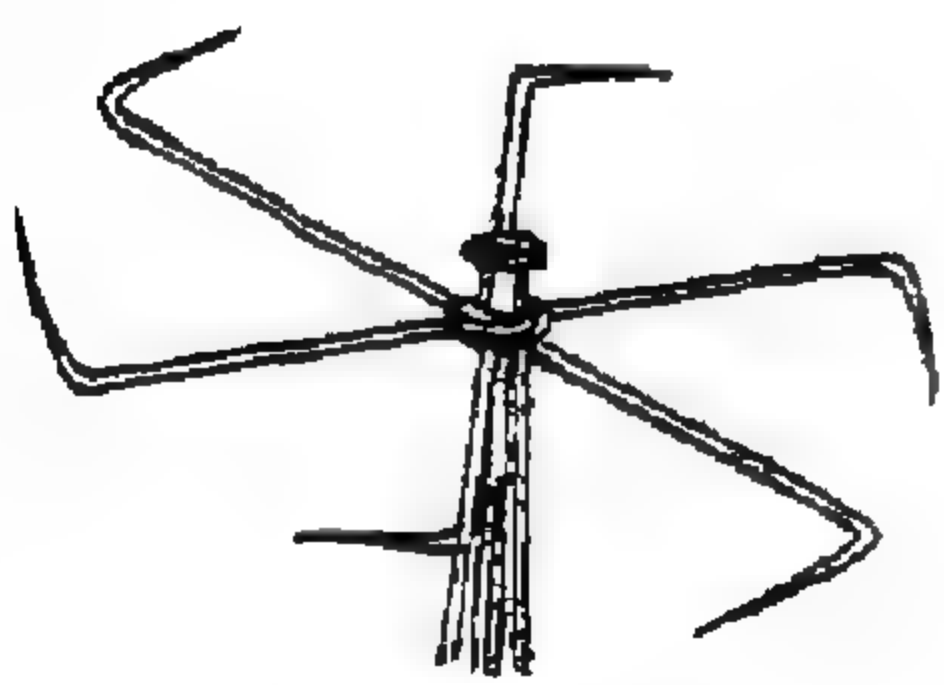
وذلك يدل على أن الكهرباء متوزعة بالسواء

الشكل ٢٥٢

على كل قسم من الجسم الكروي — ثم قرب سطح البيان (الشكل ٢٥٢) من جسم
مراش مكهرب كالجسم الخامس ب الموضوع على قائمة فاصلة من الزجاج فتجد أن
الكهربائية المنقولة عن بعض أقسامه أشد جذبًا ودفعًا للبيسيان
من المنقولة عن بعض آخر. وإن المنقولة عن رأسه أشد فعلًا من الجميع وما
ذلك إلا لأن الكهرباء تطلب الرؤوس وتجمع عليها

وعلى ذلك قرب شريطة دقيقة الرأس إلى الموصل الأعظم من ذات القمر

فيجتذب رأسها كل كهربائية فتظهر عليها كمية كالكوكب. أو ركز هذه



الشريطة على الموصل الأعظم فتفرغ كهربائيتها
كشدرة من النور بسرعة عظيمة حتى أنه إذا قرب لب
البيسيان إلى الموصل الأعظم لم يظهر كهربائية فيه.

الشكل ٢٥٥

ثم قرب خذ من رأس الشريطة فتنشع ان محو من

الهواء محو منها اوضع مصباحًا في ذلك المحو فينفخ لهيبه. وذلك لان رأس

الشريطة يحمل كهربائية وقائق الهواء فيجتذبها كما يجذب الزجاج المكهرب لب

البيسيان فتزيد فعمله فتجوز في محو يدوم مادام الرأس مكهربًا. وعلى ذلك

صنع الدوائر الكهربائية (الشكل ٢٥٥) وهو مؤلف من عدة اذرع من أسلاك توضع

على محور دائري على الموصل الأعظم. فمتى تكهربت رؤوسها تكهرب الهواء فتجتذب به

ثم تدفعه وتندفع به الفعل فتدور على مبدأ مطحنة بأسر كر (عد ١٥٠)

كهربائية الجلد

(٣٣٣) إذا كان حلك الحالك على قرص صغير من الزجاج
يخرج كهربائيةً هذا مقدارها فلا عجب أن يكون الهواء مكهرباً على
الدوام إلا نادراً المأخذ في الطبيعة من حلك الرياح بعضها لبعض
ولو جهة الأرض وما عليه وحل الغيوم للهواء وبعضها البعض وتأثير
الحراة في تحويل الماء إلى بخار والبخار إلى ماء وتأثير التغيرات الكيماوية
بين تركيب وتحليل وحل كهربائية الأرض السلبية لكهربائية الهواء
وما أشبه ذلك مما يبطل الموازنة بين نوعي الكهرباء. وتكون كهربائية
الجلد هذه ايجابية في الصيف وتتغير سريعاً من ايجابية الى السلبية
وبالعكس في الشتاء والاضطراب

قال لقنستون السائح الا فريقي ان الريح الحارة التي تهب على الصحراء في جنوبي
افريقية تتكهرب بشدة حتى اذا هبت على ريش النعام برهة يسيرة كهربته
كما تكهربه الالة الكهربائية فيلصق باليد عند تقريبه اليها ويفقم فقاً لطيفاً
(٣٣٥) البرق والوعد - لا فرق بين البرق والشرارة التي تتطاير
من تفاحة القنينة الليدنية عند اطلاق الكهرباء منها الا بكونه
اعظم منها مقدراً واشد قوةً (١)

(١) اول من اثبت ان البرق من جنس كهربائية الفرق العلامية في نكلن وذلك انه صنع
طيارة من الخيزر وغرز في اعلاها شريطة معدنية دقيقة الرأس وطيرها بحيط من المصيص في
المطر والبرق والوعد. وعلق مفتاحاً بطرف الحيط وربطه بعروة من الخيزر في عود من الخشب
ليفصله. فلما ابتل الحيط قرب سلامى اصبعه من المفتاح فطارت شرارة منه اليها. قيل انه
فوح فرحاً عظيماً حتى لم يترك نفسه عن البكاء. وجعل يمد القنينة الليدنية ويجرب التجارب
الكهربائية على ما تقدم حتى اكتشف ان ماهية البرق وكهربائية القنينة الليدنية واحدة.
وكانت تجاربه هذه محفوفة بالخطر فلما حدث احذوه الاستاذ رتشمن بعد بضع سنين
طارت اليه كرة نار زرقاء من الغمام بقدر قبضة الانسان فقتلته من ساعتها

ويحدث البرق من تقارب غيمتين مختلفتين في الكهرباء حتى يصير ميل
كهربائية الواحدة للاقتران بكهربائية الاخرى اشد من قوة الهواء على فصلهما
فتجهر كل على الاخرى بنور باهر وصوت شديد . فالنور هو البرق والصوت
هو الرعد . — ويظهر البرق في السماء على اشكال شتى . تارة يعترض يمينا وشمالا
في نواحي السحاب راسا خطا طويلا متعرجا كخط الشرارة التي تطير عن الموصل
الا عظم وسبب تعرضه ان الكهرباء المتفرقة من السحاب تضغط الهواء
اما ما فيقاومها حيثئذ عن السير فتطلب طريقا اخر متقاومة هوائها اقل من مقاومة
ذلك وتارة يكلل حروف السحاب او ينتشر على عرضه فيقال له الصفيحي . وذلك
لانه اما ان يكون بعيدا اقترانا من خلال السحاب واما ان يكون من اضطراب
الكهربائية على سحابة غير جيدة للاتصال . وتارة يظهر منعكسا عن السماء
من برق بعيد فيقال له الخلب او برق الحو . وتارة ينزل على شكل كرات من النار
تنفجر بعد سقوطها فتتفقم بشدة ويقال له الكروي

واما الرعد فيحدث من تصادم دقائق الهواء الذي قطرة كهربائية
البرق اما ما واما دونه فيحدث من انعكاسه عن الغيوم البعيدة والجبال
والتلال والودية ونحوها

(٤٣٤) الصاعقة وقضيبها — قد تمتلئ السحب بكهربائية
والارض ياخرى ويفصل بينهما الهواء كما يفصل الزجاج في قنينة
ليدان بين بطانة القصدير وكسائه . فمتى قاربت السحب سطح
الارض تنقض الشرارة الكهربائية منها غالبا فتتزل صاعقة تهلك
ما تصيبه من الحيوان والنبات

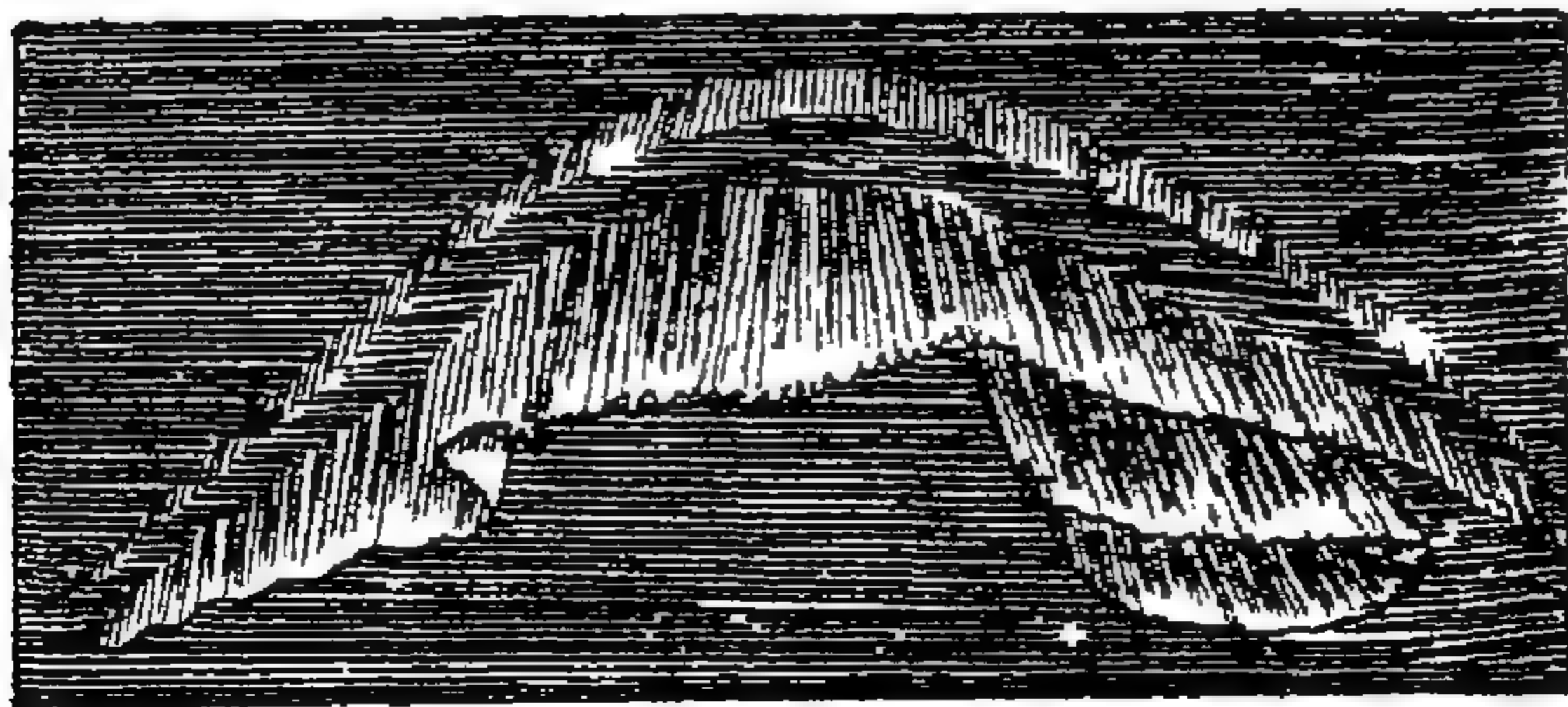
واما قضيب الصاعقة فمعروف وقد اخترعه فرنكلن للوقاية من الصواعق
بناء على ان الكهرباء تطلب احسن الموصلات . ويجب ان يكون حجمه كافيا
فان كان من حديد فلا يكون اقل من نصف عقدة وان كان من نحاس فلا اقل

من ثلث عقدة . وان يكون دقيق الراس لتستخيره الكهربائية على غيره لا نها
تطلب الراس كما مر (عد ٣٣٣ م) وان يكون متصلاً اتصالاً تاماً حتى تمر
الكهربائية عليه كانه جزء واحد لا اجزاء متعددة . وان يصنع راسه من
معدن لا يصدأ ولا يتحات بسهولة ولذا لك يغشى راسه بالذهب او يضمن من
الفضة الصلبة او البلاطين وان يمتد طرفه في الارض الى حوض من الماء او الى تربة
رطبة لا تجف لئلا تنصرف فاصلة فتبقى الكهربائية عليه وتنتقل منه الى الاجسام
الموصلة التي تقرب اليه فتحدث من الاذى به كما تحدث بدونه . وان يكون
اعلى كثيراً من الدار التي ينصب عليها لانه كلما علا زادت وقايتة انشاعاً . ويجب
ان يكون على كل بناء قضيب للصاعقة او اكثر حسب التساع ذلك البناء وان
توصل المداخن التي يخرج الدخان والبخار منها بارض رطبة او بقضيب
الصاعقة نفسه لان الكهرباء تطلبها على الخصوص لسبب ما يخرج منها .
وان تتصل مياذيب الماء المعدنية وسطوح التوتيا ونحوها بارض رطبة او
بالقضيب لشدة تعرضها للصواعق . والغرض من قضيب الصاعقة رد موازنة
الكهربائية في السحاب والارض على طريق سالمة من الاخطار . وكما زادت قضبان
الصواعق عدد اقل تفرغ الكهربائية فجأة ونذر القضاض الصواعق
واذ لم يكن للبيت قضيب فاسلم لصاحبه ان يكون في وسط الخرفة
بعيداً عن الموصلات من ان يكون قرب جدرانها وان يقعد او يضطجع من ان يكون
واقفاً . وان كان الانسان في الغلاء فليحذر الوقوف بلمس الاشجار العالية كما
يحذر الابتعاد عنها كثيراً . لان الكهرباء تفضل الاشجار على غيرها فان كان
الانسان بلمسها انتقلت منها اليه فقتلته واما ان كان بعيداً عنها بعد اعتداله
فتقيه كما يقيه قضيب الصاعقة — ومما يكن من فتن الصاعقة فان الباس
دبر الخلقاته تدابير شتى للوقاية منها . فكل ورقة من اوراق العشب الدقيقة
الرائس تفرغ من كهربائية الجلد اكثر من ثلاثة اضعاف ما تفرغه اوراق الابر

وكل خروج دقيق الرأس يفرغ منها أكثر مما يفرغ رأس أحسن قضبان الصواعق. وكل نقطة من المطر وكل رقعة من الثلج تنزل إلى الأرض محملةً كهربائية تسببها من الجلد والسحاب. هذا وقد تظهر لهب نار بية على رؤوس السوارى وأسنة الرماح وأذان الخيل ونحوها وما هي إلا كهربائية تفلت من الأرض أفلاطناً طيفاً هادئاً

(١٤١٢) الشفق القطبي — الشفق القطبي ضوءٌ يظهر في جلد القطبين ولا سيما الشمال منها ويبتدئ ظهوره عند آخر الزمان خفياً في الأفق في جهة الهاجرة المغنطيسية (عد ٢١٠) ثم يتغير تدريجاً حتى يصير قوساً مصفرة الضوء مقرها نحو الأرض وهذه إذا تكاملت تنتصب فوق بقعة سمراء من السماء على زاوية قائمة على الهاجرة المغنطيسية وتطلع منها شعاع نيرة تتجه نحو السميت المغنطيسي وقد تتثنى كما ترى (الشكل ٢٥٤) ويتغير لونها من الأصفر إلى الأخضر الحامى ومنه إلى الأزرق إلى

أما تعاليل الشفق القطبي فكثيرة والبرجح أنه يحدث من جري الكهرباء في أعالي الجو حيث الهواء لطيف. ويؤيد ذلك بما بين الشفق القطبي والمغنطيسية من العلاقة. فإنه إذا ظهر الشفق بأهى الضياء اضطربت الأبر المغنطيسية واهتزت باهتزاز أشعث ذهاباً وإياباً وتأثرت أسلاك التلغراف أيضاً كأن



الشكل ٢٥٤

الكهربائية جارية عليها من بطارية وقد يتعاظم تأثيرها بالشفق القطبي في البلاد الشمالية حتى يتعدى استعمالها — والمظنون ان كهربائية الجبل الوبائية تقرب الى كهربائية الارض السلبية عند القطبين فتفرغ عن تفرغاً لطيفاً يظهر منه الشفق القطبي . واما التواسي الاستوائية فليست كهربائية بآثارها تتفرغ عليها الصواعق بدلاً من الشفق — ويظهر ما يشبه الشفق القطبي بتفريغ الهواء من انبوبة وادخال الشرار الكهربائي من الموصل الاعظم اليها فينبو متلوقاً بالوان الشفق القطبي حسب فراغ الانبوبة

(٣٣٨) انابيب كيسلر وشلال كسيوت — اما انابيب كيسلر في انابيب تملأ غازات متلطفة وتسد بصهر فوهتها تمر بجري فيها مجرى كهربائي فيضئ فيها بلون باه وضوء باهر . واما شلال كسيوت فكوبة من الزجاج مبطن من داخلها بورق القصدير . فوضع على صفيحة مفرغة الهواء تحت قابلة في اعلاها قضيب يصعد وينزل . فتتفرغ الهواء من القابلة وينزل القضيب حتى يمس الكوبة ويؤتي بالة كهربائية ذات موصلين فيوصل احدها بالقضيب والاخر بصفيحة المفرغة فتجري الكهرباء على جوانب الكوبة بتموجات خفيفة ولون ازرق لطيف —

(٣٣٩) سرعة الكهرباء — قدرا واصلدة وميض البرق فجوء من الف الفاجوء من الثانية . ومما يقرب لنا ادراك ذلك انه اذا داس دولا بحتي نعدا نرى سوا عدة في النهار من السرعة واضاعت عليه شراسة من القنينة الليدنية تراينا سوا عدة جلياً . واذا البرق البرق على شجرة تلوحه العواصف تظهر الشجر ساكناً لانه لا يتحرك حوكة يشعربها في انشاء ظهور البرق وخفاؤه . واذا البرق على قنبلة مدفع منطلقة في الجو ظهرت كانه كوزة فيه غير متحركة للسبب المتقدم ذكره . وقد قدرا هو ليستون سرعة الكهرباء على شريط من النحاس ٢٨٨٠٠٠ ميل في الثانية —

(٢٢٠) تأثير كهربائية الاحتكاك — تأثير كهربائية الاحتكاك

في الاجسام على ثلاثة انواع طبيعي وكيميائي وفسيولوجي.

(٢٢١) التأثير الطبيعي — هذا اما ان يكون باذارة الاجسام فيجعلها نصبي

او باحائها او بمغنتتها او بتكسيدها وتزيقها وما شاكل. ولذلك اما ان يكون نورا
او حرارة او مغناطيسية او عملاً ميكانيكياً كما يتضح من الامثلة الالية. ليقف

شخص على كرسي مفصول حتى يمتلئ كهربائية من الموصل الاعظم فيتكهرب

شعراً ويتدافع فيقف منتصباً. ثم اذا قرب يده الى ملعقة فيها من الايثير

طار منها شرارة فتشعل الايثير واذا كان في يده قطعة من الجليد طارت

الشرارة حالاً منها الى الايثير واشعلته — واذا اكسقت قطع من ورق القصدير

بوجه لوح من الزجاج على اشكال مختلفة وصور متعددة وقرب اللوح من

الموصل الاعظم تغفر الشرارة الكهربائية من قطعة

الى اخرى من ورق القصدير فتبهر الناظرين (الشكل

٢٥٤). واذا كسبت القنينة الليدنية وبطنت ببرادة

الشكل ٢٥٤

صعدنية او برقع من ورق القصدير ولوى قضيب

تفاحتها حتى قس التفاحة الكساء الخارجى ثم نقلت اليها الكهرباء من الموصل

الاعظم انتقلت الشرارة على كسائها الخارجى انتقالاً سريعاً بديحاً

هذا ما يدل على ان الكهرباء تولد نوراً في الاجسام وما يدل على انها

تؤثر فيها حارة انه اذا فرغت بطارية ليدنية (عد ٣١٣) قوية على شريطة

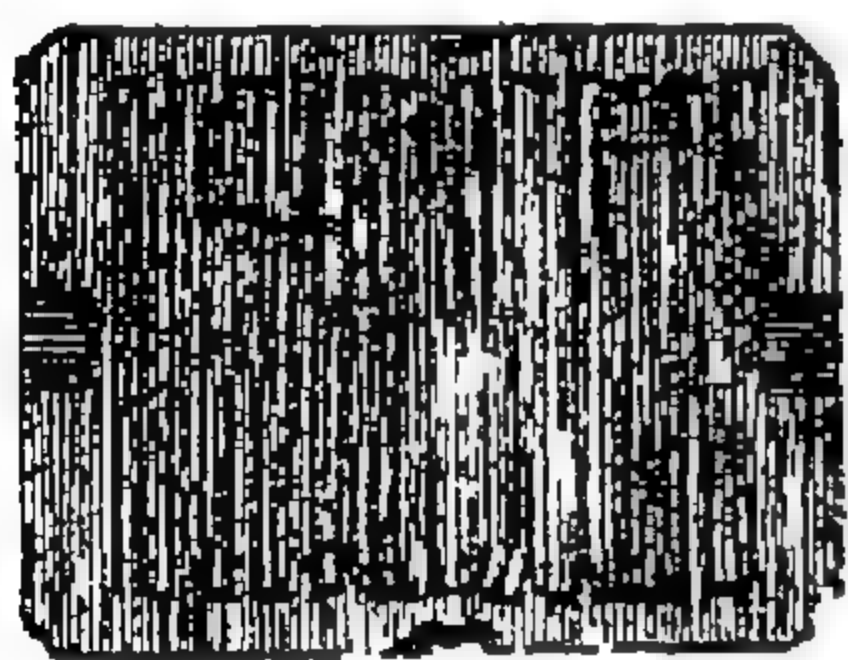
معدنية ادق من ان توصل شرارتها تتحول حارة وربما صهوت الشريطة او

حوالتها بخاراً. واما اذا زادت الشريطة ثخناً عن تلك فتحمى حتى تحمر واذا

زادت ثخناً عن هذه تحمى فقط ولا تحمر

وما يدل على ان الكهرباء تولد المغناطيسية في الاجسام مرانه اذا ألقت

شريطة من النحاس حول قضيب من الفولاذ وحصل طرفها الواحد بكساء



القفينة الليدانية و طرفها الآخر يبطأ ثم فعد ما قمر الشرارة الكهربائية فيها
 يتمنظ قضيب الفولاذ فيجذب برادة الحديد كالمنطيس . او اذا وضعت ابرة
 من الفولاذ في انبوبة صغيرة من الزجاج ولف شريط النحاس على الانبوبة فعد
 مرة والشرارة الكهربائية في الشريط تتمنظ الابرة فتجذب برادة الحديد
 وما يدل على ان الكهرباء تفعل بالاجسام فعلاً ميكانيكياً كالشقب و
 الكسر وما اشبه انه اذا وضعت ورقة او كرتونة بين تقاحة القنفذ الليدانية
 وبين احد راسي المطلق فعند اطلاق الكهرباء منها تنفذ شرارتها الورقة فتشقبها .
 ويمثل هذا التدبير تشقق الشرارة الخشب وتكسر الزجاج وتفتت الحصى .

ولما كانت القوة الكهربائية قابلة التحويل الى اصوات وحرارة
 كما تقدم فلا يبعد انها ضرب من الحركة كما انهما ضربان من الحركة . ولما كانت
 الصاعقة كهربائية في كل اوصافها فهي تؤثر في الاجسام كل مامر وماسياتي
 من التأثيرات ولكن بقوة اشد واعظم .

(٢٢٢) التأثير الكيبي — تأثير الكهرباء الكيبي هو حلها بالاجسام

الى العناصر التي تتركبت تلك الاجسام منها او تركيبها العناصر لتصل الاجسام
 منها . فاذا مزج عنصران معاً كالهيدروجين والاكسجين واطلقت شرارة
 كهربائية فيهما اتحدا معاً بفرقة عظيمة فيحدث الماء من اتحادهما . واذا
 اصابت الصاعقة مكاناً وانتقلت كهربائية الموصل من رأس الى رأس
 واقلنت الى الهواء فاحت منها رائحة كبريتية تحدث من تولد الاوزون وهو
 على ما يظن نوع من الاكسجين (٢٢٣) التأثير الفسيولوجي

تأثير الكهرباء الفسيولوجي هو تأثيرها في الاجسام الحية او التي ماتت منذ عهد قريب
 اما تأثيرها في الاجسام الحية فهو قبض العضلات وشئ كالخدر في المفضل . وكما قويت امتداد
 تأثيرها على الجسم واشتد ألمها حتى ربما قتلت من تؤثر فيه . ويتصل تأثيرها الى جماعة
 من الناس معاً اذا تماسكوا بايديهم فتشقل من الواحد الى الآخر . كذا هز بها

نولاه فرقة من العسكر عددها ٥٠٠ عسكروى - وأما تأثيرها في الأجسام الميتة فأنها تشيخ عضلاتها تشيخاً عظيماً حتى تظهر كأنها تتحرك حياة

الفصل الثالث

في الكهرباء الكفائية

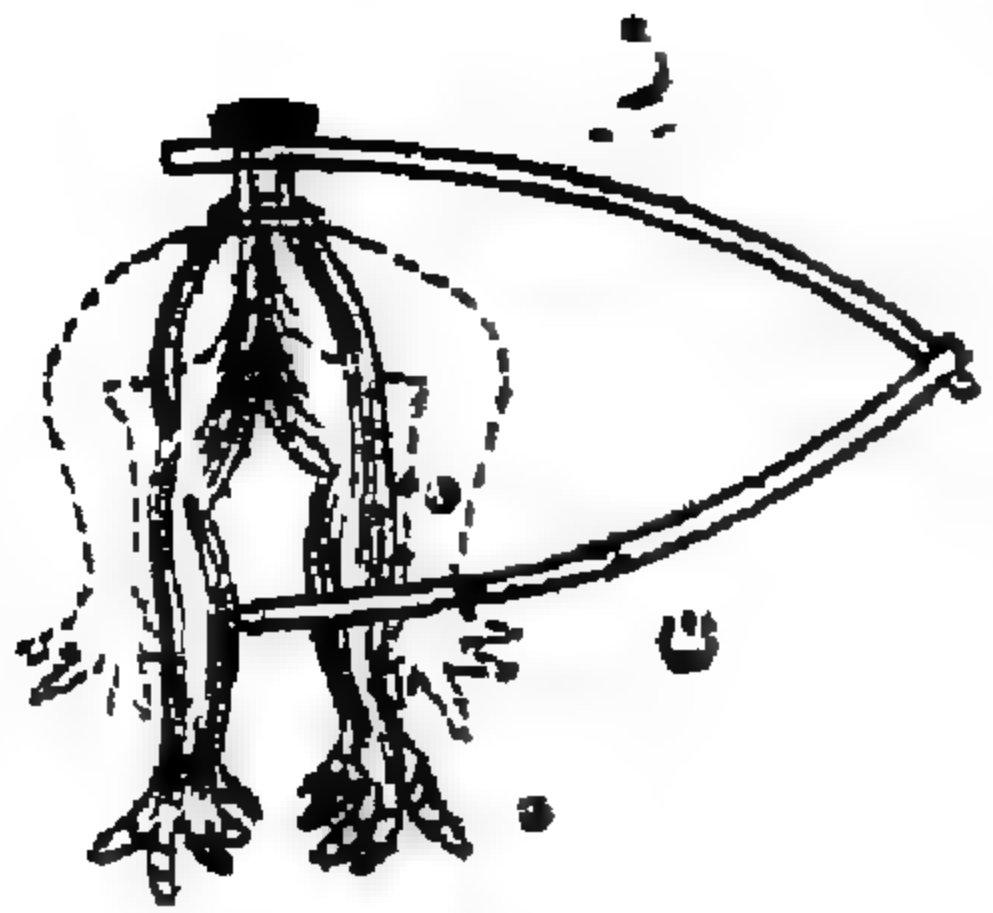
(٣٣٣) الكهرباء الكفائية أو القلّائية تحصل بالفعل الكيميائي^(١) كما تحصل كهربائية الاحتكاك بالاحتكاك. وتنسب إلى كلّفاني أو قلّثا فيلسوفين إيطاليين لأنهما أوّل من اكتشفا كما سترى (٣٣٥) اكتشف كلّفاني - كان العلامة كلّفاني استاذ التشريح في مدرسة بولونيا بإيطاليا يجرب تجارب في أرجل الضفادع ليعرف تأثير كهربائية الهواء في الحيوانات سنة ١٧٨٤ في تغلق أفعى على عدداً منها بصناعات من النحاس في درابزون ممسك بيته فراها تشيخ كأنها حية إذا حركتها الريم فمشت حديد الدرابزون. فكرر التجارب وذهب إلى أن تشيخها يحدث من كهربائية حيوانية فيها وإن هذه الكهرباء تختلف عن كهربائية الاحتكاك وزعم أنها العامل الذي تحكم به الأرواق على الأعضاء

وتكرر تجربة كلّفاني كما يأتي. تُقطر الضفدع من فقراتها القطنية فوق فخذيها بنحو قيراط وتكشف أعصابها القطنية التي هناك ثم يمشط جلد

(١) إذا أمعن الطالب نظره في ما قيل في تعريف الفلسفة الطبيعية في مقدمة

هذا الكتاب علم أن الكهرباء الكفائية تربط الفلسفة الطبيعية بالكيمياء لأن سببها كيميائي ونتائجها كيميائية وفلسفية -

عن ساقتهما ويؤتي بشرطتين أحدهما من الفخاس
ن (الشكل ٢٥٨) والاخرى من التوتيا وفي وضع
طرف احداهما على الأعصاب وطرف الاخرى على
عضلات الساق ويوصل الطرفان الاخران
احدهما بالآخر فتشبه الساقان تشبها شديدا
وتتحركان كأن الضفدع حية

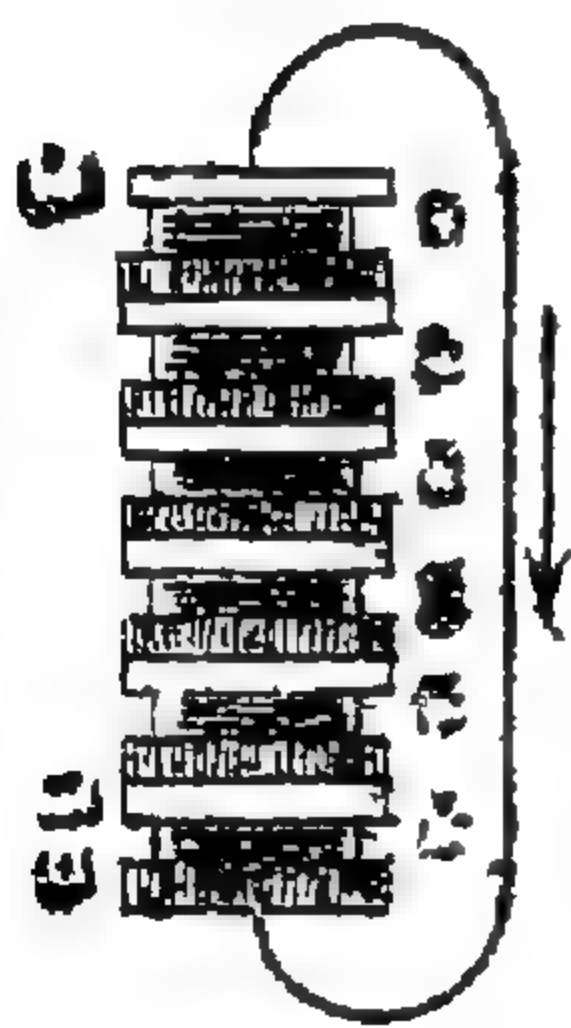


الشكل ٢٥٨

(٢٣٤) اكتشاف قلتا - ثمران قلتا انكر

الكهربائية الحيوانية التي زعم كلقاني انه

اكتشفها ولم يزل يبحث عنها ٢٠ سنة متوالية حتى وجد ان الضفدع
ليست مصدر الكهرباء وانما هي موصل رطب وليست اصل للايصال من
خرقة مبللة . وعلى ذلك اخترع ما يسمى رصيف قلتا (الشكل ٢٥٩) وهو



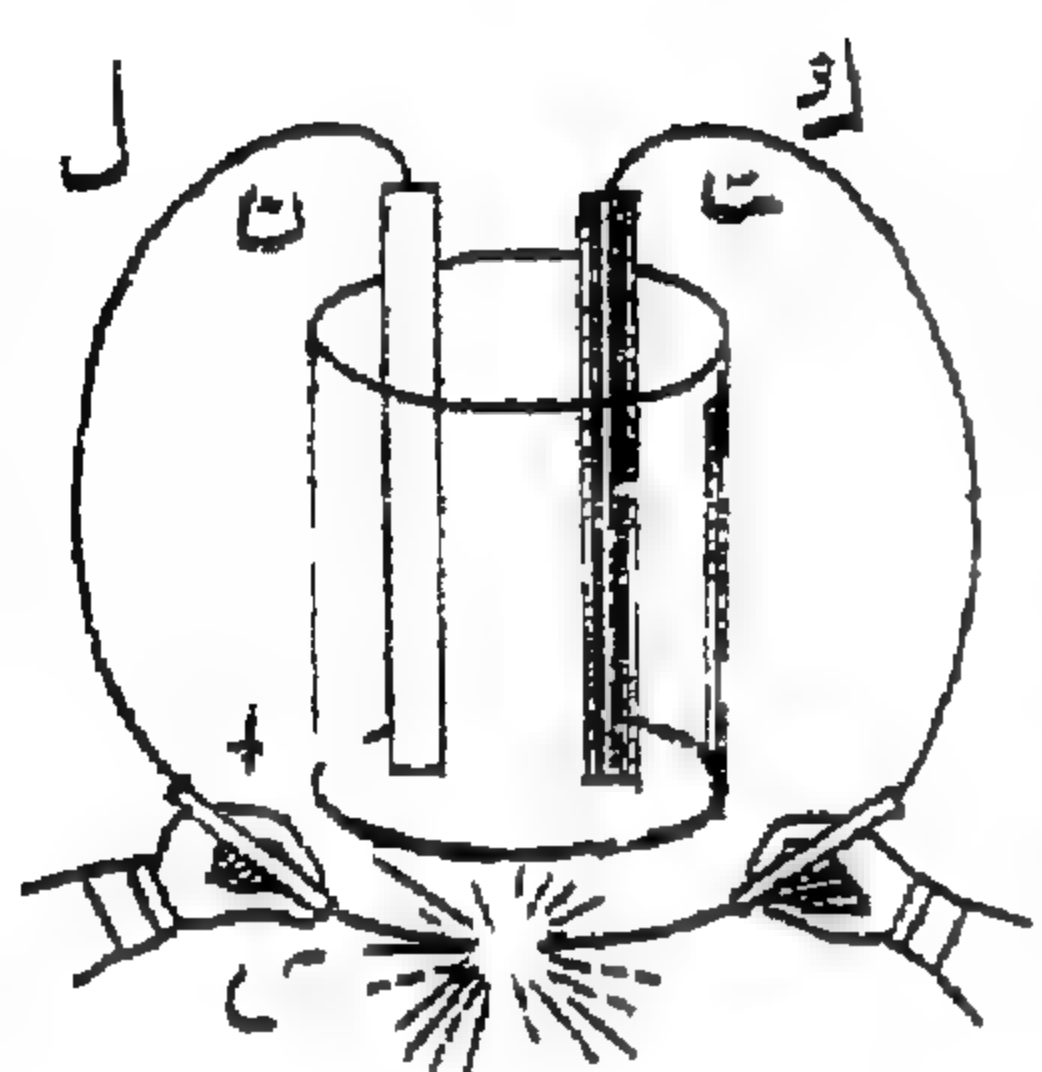
الشكل ٢٥٩

صفائح من الفخاس والتوتيات مرصوف بعضها فوق
بعض بحيث تلي صفيحة من التوتيا صفيحة من الفخاس
حتى يصير طول الرصيف قدما ويفصل بين كل صفيحتين
منهما بقطعة من الجوخيز مبللة بحامض او بماء ملح . ثم
اذ ابل الانسان يديه ولمس باصبع يده الواحدة
الصفيحة السفلى من الرصيف وباصبع يده الاخرى
الصفيحة الاخرى شعر بهزة كهزة القنينة الليدانية

وعلى هذا المبدأ تشيخ الكهرباءائية اذا وضعت قطعة من الفضة
بين الاسنان والشفة العليا وقطعة من التوتيا تحت اللسان فحالمسا
تمس الفضة التوتيا يشعر الانسان بطعم خصوصي ويرى شرارة تمر من امام
عينيه عند انغماسها . هذا وكان قلتا يزعم ان الكهرباءائية تحصل من تماس
معدنين مختلفين . ثم بطل زعمه وصار المعول الآن على ان الكهرباءائية

تحصل من فعل كيمي بين المعدنين كما ستري -

(٢٤٢) الدائرة الكلفائية البسيطة الدائرة الكلفائية تتألف من معدنين مهيجين للكهربائية موضوعين بحيث تجري الكهرباء الايجابية والسلبية منهما في جهتين متقابلتين وليان ذلك . ضع صفيحة رقيقة من التوتيا في كأس من الزجاج



الشكل ٢٤٠

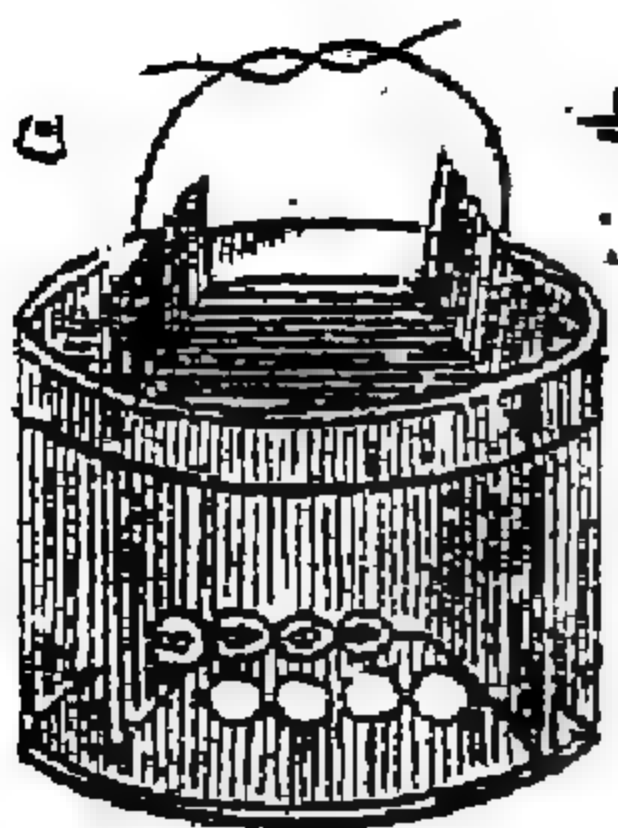
ملونة ماء محمضاً جيداً بالحامض الكبريتيك (زيت الزاير) فيبتدئ الفعل الكيمي حالاً فيولد فقاعات صغيرة من غاز الهيدروجين تتجمع على صفيحة التوتيا وتندوب الصفيحة بسرعة ثم ارفع الصفيحة من الكاس واغمسها في الزيت فيصير سطحها لامعاً

كامله ويقل انتها تملغمت . وأعد لها بعد ذلك الى الكاس فلابد وب شئ منها في مائه المحمض وما ذلك الا لانها قد تغيرت طبعاً لسبب غير معروف . غير انه ان كان سبب تغيرها في تملغمتها غير معروف فهي لا تستعمل في البطاريات الكلفائية الا فلهمة جيداً اما كيفية استعمالها في البطاريات فهي ان تغمس مع صفيحة اخرى مثلها من النحاس في الماء المحمض فمادامت متفصلتين لا يظهر لحداتها تأثير في الاخرى ولكنهما حالما تتماسان او متصلان باسلاك معدنية كما ترى في الشكل ٢٤٠ يبتدئ الفعل الكيمي فتتولد فقاعات الهيدروجين المار ذكرها وتجمع على النحاس لا على التوتيا كما مر . ويبقى النحاس على حاله واما التوتيا فتندوب كما كانت تندوب قبل تملغمتها . ولا يزال هذا الفعل الكيمي جارياً حتى يفصل احد السلكين عن الاخر فينقطع وتظهر شرارة صغيرة في الظلام فبهذا الفعل الكيمي تشبه الكهرباء والمظنون ان الايجابية تجري من التوتيا في الماء المحمض الى النحاس ثم تجري على النحاس وعلى السلك المنصل به حتى يبلغ طرفه فعال هذا الطرف القطب الايجابي . والسلبية تجري

من النحاس في الماء المحمض الى التوتيا وتجري من التوتيا على السلك المتصل به
 له حتى تبلغ طرفه فيقال لهذا الطرف القطب السلبى . ولذلك يكون قطب النحاس
 ايجابيا ولو كانت الكهرباء بائية الجارية من النحاس في الماء المحمض سلبية ويكون
 قطب التوتيا سلبيا ولو كانت الكهرباء بائية الجارية من التوتيا في الماء المحمض
 ايجابية . فكل بائية كل قطب تخالف كهرباء البئية المعدن المتصل به وتلتقى
 الكهرباء اثنتان عندى . وكثيرا ما يلبس القطبان بلا تينا ليقبهما من السوائل
 التى يغمران فيها فلا تاكلها ولا تذيبها . ويقال لاتصال القطبين وصل الدائرة
 ولنصلها فصل الدائرة . ويقال لكل صفيحتين من المعدن متصلتين على ما
 تقدم في الدائرة الكلفانية زوجا ثانيا ويشترط فيها ان تكون كهرباء احدى
 ايجابية وكهرباء الاخرى سلبية وان تغمر في سائل يؤثر في واحدة منهما فقط
 ولا يؤثر في الاخرى او يؤثر في الواحدة اكثر مما يؤثر في الاخرى والا فلا تغير الكهرباء
 فيها . لانه بتاثير السائل في الواحدة تفقد الموارد بين نوعي كهربائيتها
 فيفقد احداهما جازيا الى الصفيحة الاخرى . ولذلك اذا تأثرت كل منهما
 بالسواء افتت الكهرباء التى تغلت من الواحدة الكهرباء التى تغلت
 من الاخرى فلا تجرى في مجرى . ويقال للصفيحة التى تذوب في الحامض فتغلت
 كهربائيتها الصفيحة ايجابية والاخرى السلبية .

(٢٢٨) تحليل التغير الكيمى — يعلل التغير الكيمى الذى يطرأ على
 الزوج القلتا في تحليل بسيط هكذا : كل دقيقة من الماء المحمض مركبة من
 جوهر من الاكسجين وجوهرين من الهيدروجين . فالاكسجين يتحد بالتوتيا
 ويكون اكسيد التوتيا . وهذا الاكسيد يتحد بالحامض الكبريتيك المحمض به
 الماء فيتكون من اتحادها كبريتات التوتيا التى تذوب في الماء واما الهيدروجين
 فيبقى مستقلا بنفسه فيصعد الى سطح السائل ويقلت من هناك
 اما سبب افلات الهيدروجين من النحاس فيتغير انفسا بسيطا ما ياتي

ننظر من ان دقائق الماء تمتلئ مصفوفة من صفيحة التوتيا الى صفيحة النحاس



الشكل ٢٤١

(الشكل ٢٤١) فلا يخفى ان كل دقيقة منها مؤلفة من

جوهريين من الهيدروجين وجين وجوه من الاكسجين (١) فالتوتيا

كهربائية ايجابية والاكسجين كهربائية سلبية ولذلك

تجتذب التوتيا الاكسجين اليها وتدفع الهيدروجين لان

كهربائيتها ايجابية. فيندفع جوه الهيدروجين الى

دقيقة الماء التي تليها ويطرد هيدروجينها ويتحد باكسجينها. ثم ان الهيدروجين

المطرود ينقض على دقيقة الماء التي تليها فيطرد هيدروجينها ويتحد باكسجينها

وكذلك يتحد هذا الهيدروجين المطرود باكسجين الدقيقة الموالية له وهلم

جوا حتى يبقى هيدروجين الدقيقة الاخيرة بلا اكسجين يتحد به فيجذب به

النحاس السلبى الكهربائية فيعطيه الهيدروجين كهربائية ايجابية و

يطير الى الهواء. فكلما طار جوه من الهيدروجين يتناول النحاس كهربائيتها

ويزيد المجرى الكهربائي قوة.

(٢٤١ م) المجرى القلثاني — ان لفظة "مجرى" كثيرة الورد في

المباحث الكهربائية ولا تستعمل حقيقة بل مجازا لان المراد بها ليس الجوى المعهود

كجوى الماء في النهر الذي فيه تنتقل كل دقيقة من منشأ النهر الى مصب بل انتقال

القوة الكهربائية فقط على دقائق الجسم. وبين ذلك الجوى وهذا الانتقال فرق

ظاهر فاقا اذا ملأنا انبوبة طويلة ماء ثم ادخلنا نقطة اخرى من الماء اليها فعند

حلولها فيها تخرج نقطة بقدر ما من طرف الانبوبة الاخرى ذلك ليس لانها هي

عينيها تدخل من طرف الانبوبة الواحد وتخرج من طرفها الاخر بل

لان القوة انتقلت منها على كل دقائق الماء حتى اخرجت النقطة

الاخيرة. هكذا جرى القوة الكهربائية

(١) لم يرسم الا جوه واحد لكل منهما في الشكل لزيادة التسهيل

هذا وقد تقدم مران الكهرباء الايجابية تجرى في كل زوج قلبي من التوتيا في السائل الى النحاس ومن النحاس على السلك ثم اذا اتصلت الدائرة مترجع الكهرباء الى التوتيا واذا انفصلت الدائرة تظهر عند قطب النحاس . وكذلك السلبية تجرى من النحاس وترجع اليه في اتصال الدائرة وتظهر عند قطب التوتيا في انفصال الدائرة . ولذا لك يكون في كل دائرة كلفائية مجريان كهربائيان ايجابي وسلي . ولذا فعلى النحاس تطلق لفظة المجرى على الايجابي فقط فكما ذكرت كان المراد بها الكهرباء الايجابية . واما السلبية فيسكت عنها

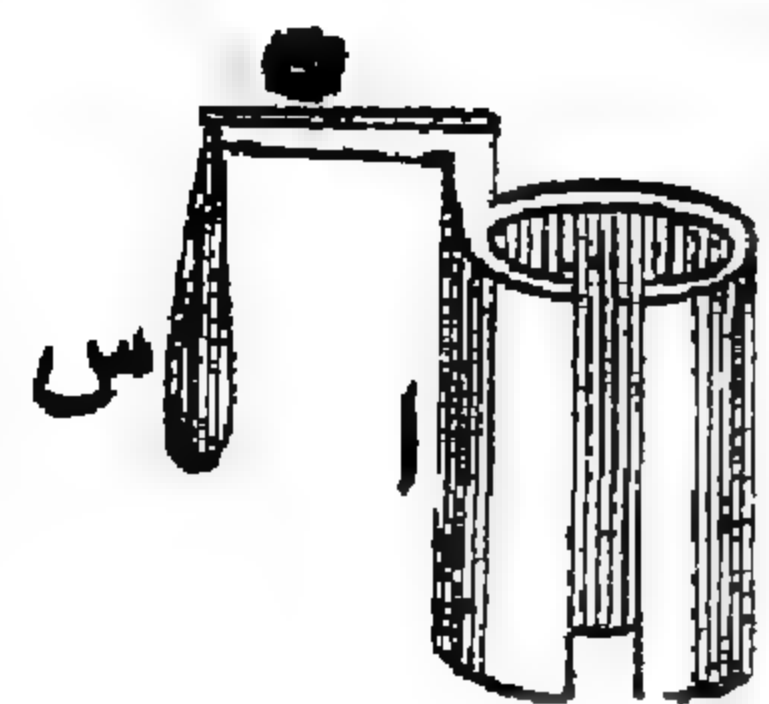
واعلم انه عند ما ينتقل المجرى على الاجسام الموصلة كالاسلاك والقضبان المعدنية فسواء كان مصدرا كهربائية الاحتكاك او الكهرباء الكلفائية ينتقل على كل دقيقة من دقائق الموصل لا على ظاهرة فقط . وذلك ان كل دقيقة تستقطب وتمتلئ كهربائية ثم تفرغ كهربائية الى الدقيقة التي تليها وهكذا حتى يجرى المجرى على طول الموصل باستقطاب دقائقه وتفرغها للكهربائية . ولما كانت سرعة المجرى عظيمة جدا كانت سرعة استقطاب دقائق الموصلات وتفرغها للكهربائية مما يكاد لا يدرك

(٥٠ م) البطارية - البطارية اذ واجه قلبياتية مجموعته على شكل انها تزيد المجرى الكهربائي قوة ودواما . وهي على شكل شئ بعضها في ما ياتي

(٥١ م) بطارية سمي - هذه مؤلفة من عدة كؤوس من الزجاج فيها حامض كبريتيك مخفف فيخمس في كل منها صفيحتان من التوتيا بينهما صفيحة من الفضة والصفائح الثلاث مضمومة ومشدودة معا بلوالب . الا ان فقايع غاز الهيدروجين الذي يتولد في اثناء الفعل الكيمي تتجمع على وجه صفيحة الفضة الا ملس فتعيق المجرى الكهربائي وتضعفه ولذا لك تخشن صفيحة الفضة ببلاتين مقسما قسما مائة دقيقة -

واعلم ان كل ما يستعمل فيه سائل واحد من البطاريات يضعف

تجديد الكهربية فيه من تجمع الهيدروجين على المعدن الذي يوضع مع التوتياء. ولذا لك قللو استعمال هذه البطاريات وجعلوا غالب استعمالهم بطاريات ذات سائلين



(٢٥٢) بطارية كروف وفعلاها الكيمياء — هذه

البطارية من ذات السائلين وهي مؤلفة من قنبلة

من الزجاج فيها حامض كبريتيك مخفف واسطوانة

توتياء (الشكل ٢٥٢) موضوعة في الحامض الكبريتيك

الشكل ٢٥٢

ولها شق على جانبها ليدخل الحامض منه إليها. وكأس فخار ذي مسامر ملوغة

حامضاً فتركب في اسطوانة التوتياء. وورقة رقيقة من



البلاتين مغموسة في الحامض المتريك الذي في كأس الفخار

أما الفعل الكيمياء الذي يحدث في بطارية كروف فهو هذا:

يحل ماء الحامض الكبريتيك الذي في القنبلة الخارجية الى عنصريه الاكسجين

والهيدروجين. اما الاكسجين فيتحل بالتوتياء والحامض الكبريتيك ويكون معهما

كبريتات التوتياء واما الهيدروجين فلا يفلت كما يفلت من بطارية سمي بل ينفذ الى

باطن كأس الفخار ويتحد بالحامض المتريك الذي فيه فيكون ماء واكسيد

المتريك. فيمتص الماء اكسيد المتريك ولا يخرج منه

الماء دخاناً كالاحمر كالدوم. واذا كانت التوتياء مملوغة جيداً فمداها القطبان

متفصلين لم يحدث فعل كيميائي بل كمنت الكهربية في البطارية كما يمكن

الامتحان عند اتصال القطبان فيما خذ السائل في الجيثان وتأخذ القوة

الكهربية في الوتر من قطب الى آخر.

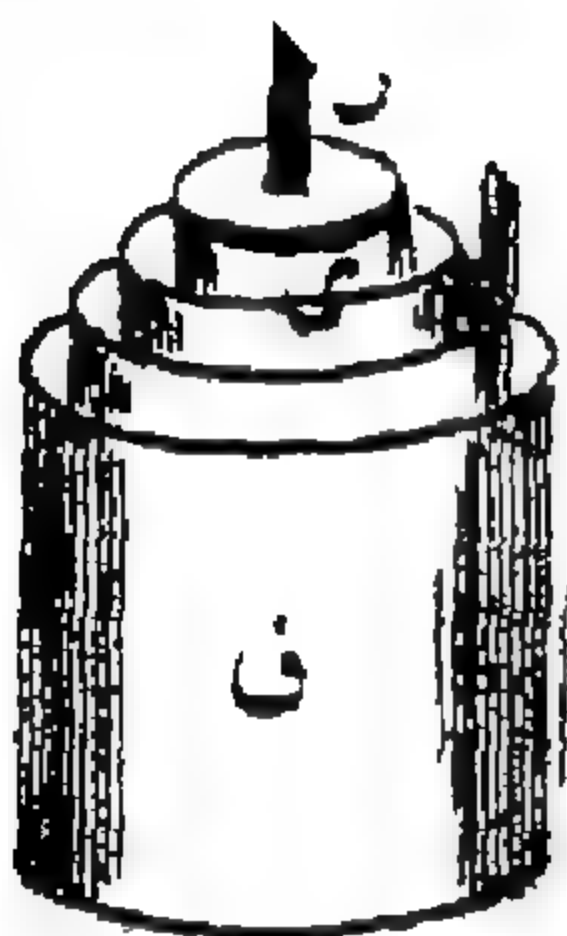
(٢٥٣) مزايا بطارية كروف — من مزايا بطارية كروف اولاً

ان الهيدروجين لا يجتمع على الصفيحة السلبية (البلاطين) لان الحامض المتريك

يمنتصه. وثانياً ان السائل الذي يتكون في كأس الفخار الداخلية موصل جيد

للكهربائية. وثالثا البلاطين اصلهم للسلبية من النحاس لان الحامض لا يؤثر فيه قدر ما يؤثر في النحاس فلا يجري منه مجرى كهربائي يضاد المجرى العكسي من التوتيا ولذلك يكون البلاطين والتوتيا زوجا قلائما أصليا من زوج النحاس والتوتيا لتهديم الكهرباء. ورابعا ان انحلال الحامض النتريك الذي في كأس الفخار بالهيدروجين كما تقدم يهيج مقدارا وافرا من الكهرباء علاوة على ما يهيج الزوج الغلتاني

(٢٥٢) بطارية بنسن بطارية بنسن كبطارية سمى وانما تختلف عنها بان فيها قضيبا من الفحم المحضربا من ورقة البلاطين في كأس الفخار. ولما كان هذا الفحم موصلا جيدا للكهربائية كان يقوم مقام البلاطين في كهربائية كروف حال كونه امرخص منه كثيرا. ترى صورة هذه البطارية (الشكل ٢٤٣) ق و عاء الزجاج فيه اسطوانة التوتيا وى كأس الفخار ذات المسام فيها قضيب الفحم مغموس في الحامض النتريك



الشكل ٢٤٣

(٢٥٥) بطارية دانيال الدائمة هذه مؤلفة من اسطوانة من النحاس في جوفها مذوب كبريتات النحاس (الشب الازرق) وكأس فخار ذات مسام فيها حامض كبريتيك مخفف وقضيب من التوتيا

(٢٥٦) كمية الكهرباء وشدها - قد تكون كمية الكهرباء في البطارية عظيمة وشدها قليلة وقد تكون شدها عظيمة وكميتها قليلة. والفرق بين الكمية والشدة ان الكمية ينظر فيها الى المقدار واما الشدة فالى الفعل. مثاله ان كأس الماس المملء الغالى اشدها حارة من دست الماء القاتر ولكن كمية الحرارة التي في دست اعظم من كمية الحرارة التي في الكأس - اما شدة كهربائية البطارية فتتوقف على عدد الكؤوس المستعملة فيها واما كميتها فعلى حجم تلك الكؤوس فاذا اردنا ان تزيد كهربائية البطارية شدة وصلنا صفيحة التوتيا التي في الكأس

الواحدة بصفيحة النحاس التي في الكأس الأخرى وهلمَّ جواً. وإذا اردنا ان نزيدها كمية وصلنا صفائح التوتيا في كل الكؤوس معاً وصفائح النحاس معاً. وتفضل الكهربية الشديدة على العظيمة الكمية اذا اقتضى ان تجري على جسم مقاوم جريها ويقلت جانباً منها. والاجسام التي تقاوم جري الكهربية هي التي لا توصلها جيداً. كلما زاد الجسم جودة في الايصال قلت مقاومته للكهربائية كالفضة والنحاس والذهب. وكلما قلَّ جودة في الايصال زادت مقاومته لها كالزئبق والرصاص والحديد والبلاطين والسائلات

(٢٥٥) مقابلة كهربائية الاحتكاك بالكهربائية الكلقانية
كهربائية الاحتكاك تنهيج من احتكاك الاجسام والكهربائية الكلقانية من الفعل الكيبي وهما واحد في الماهية ولكنهما مختلفان في بعض الامور كما ستعرف

فكهربائية الاحتكاك ضئيلة فجائية منقطعة والكهربائية الكلقانية ساكنة قوية مستمرة. كهربائية الاحتكاك كالطمة السريعة العنيفة والكلقانية كالضغط المستمر الدائم على حال واحدة. كهربائية الاحتكاك تمتاز بالشدة والكلقانية بالكمية. كهربائية الاحتكاك كالبرق تقفز من جهة الى اخرى ولو توسط الهواء بينهما مسافة اميال كثيرة والكلقانية تدور حول الارض على الموصل ولا تقفز فتتجاوز نصف قيراط من الهواء. اقوى آلات كهربائية الاحتكاك لا يكفي لنقل رسالة واحدة بوقية والكلقانية تنقل رسائل من جانب الى جانب من الاوقيانوس متهيجة في بطاريات صغيرة لا تزيد عن رقعة من التوتيا ودمعة من الماء في كبسولة البارسودة. كهربائية الاحتكاك لا تحل قفحة من الماء ولو اطلقت فيها القنبينة الليدنية ستة آلاف الف طلقة (وذلك يملأ عيمة رعدة مساحتها خمسة وثلاثون فدانا) وبضع كؤوس من الكلقانية تحل ذلك الماء على غاية من السهولة. هذا وقد غمس فارادى زوجاً قلسائياً

من البلاطين والتوتيا في مد وبن نقطة من زيت الزاج في ٣٢ درهما من الماء فهيج
في ثلاث ثوانٍ كهربائية حوت ابرة الكلفا حواما الذي سيدكو (عد ٩٤ م)
بقدر ما تحرقها كهربائية ثلاثين دورة من دورات القرص في آلة قوية . ولم
جمعت كهربائية الثلاثين دورة هذه في جزء من مليون جزء من الثانية (وهي
مدة الشرارة الكهربائية) لقتلت الهر من شدتها ومع ذلك فيقتضئ ثمانمائة
الف طلقة من هذه الطلقات لحل قحمة من الماء فقط .

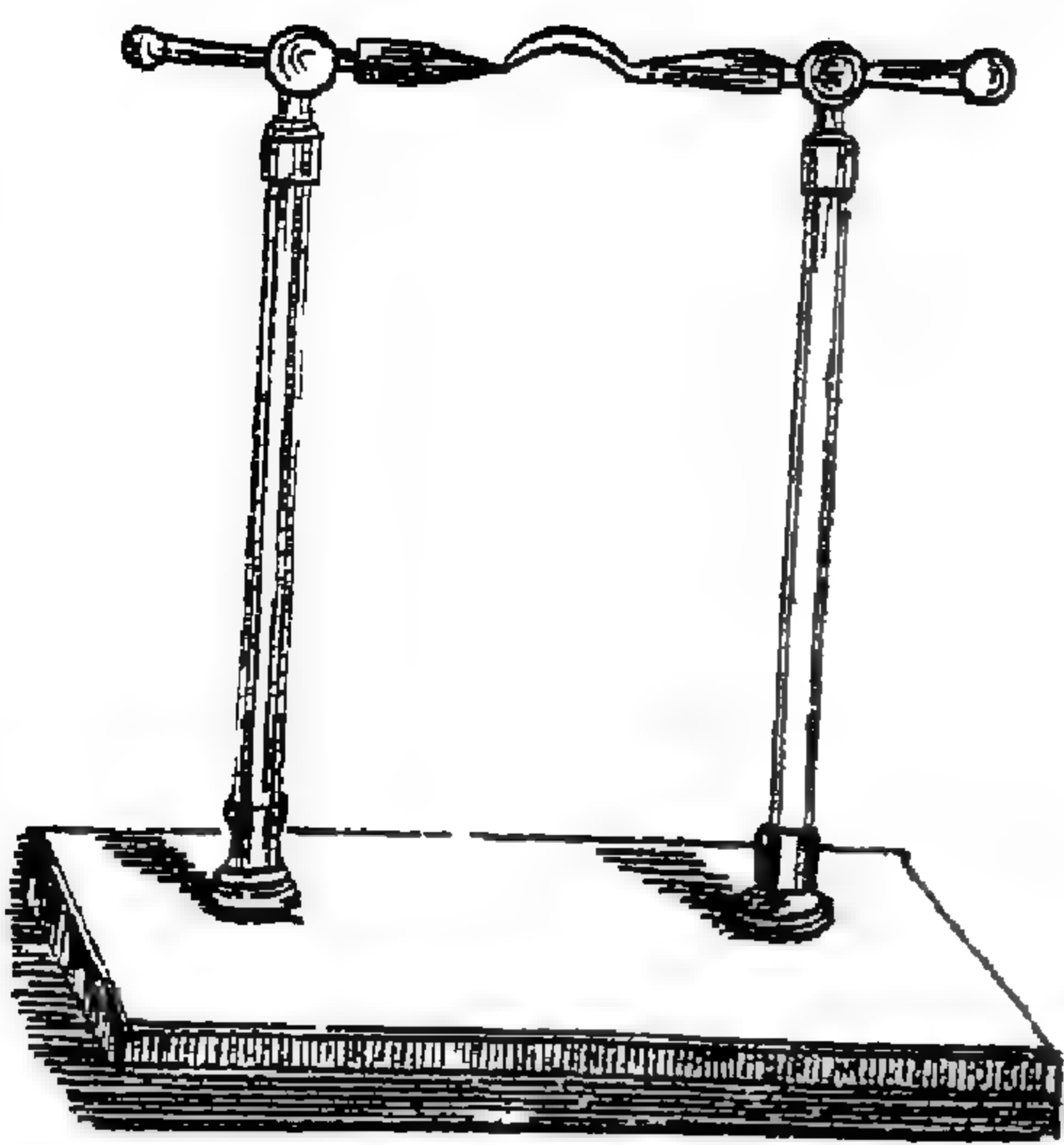
(٣٥٨) تأثير الكهرباء الكلقانية - تأثيرها اما طبيعي
او كيميائي او فيسيولوجي كما سيتضح بالتفصيل

(٣٥٩) تأثيرها الطبيعي - تأثيرها الطبيعي اولاً الحرارة . فاذا مر مجرى
من الكهرباء على شريطة ادق من ان توصله تحول عليها الى حرارة . وكما قلنا
قوة الشريطة على الايصال (١) فزادت مقاديرها الى اسرع تحول الكهرباء عليها
الى حرارة . وعليه اذا وصل شريط دقيق من الفولاذ طوله عدة قواريط بعشر
كوس او باثنتي عشرة كاساً من كوس كروفت تشتد حرارة الكهرباء عليه
حتى تصهر او تطير دخاناً . واذا وصل شريط دقيق من البلاطين ببطارية قوية
حتى جلاً او اضاء - وعلى ذلك يشعل اللغم والتوربيد فانهم يمدون شريطين
من النحاس من البطارية على اليارود او نحو في اللغم ويفصلون بين قطبيهما
بشريطة صغيرة من الفولاذ فتحمي الشريطة عند وصل الدائرة من تحول
الكهربائية عليها الى حرارة حتى تشتعل البارود او ما ينوب مثابه

(٣٦٠) وثانياً النور - فاذا فصلت الدائرة الكلقانية او وصلت حصل
من ذلك شرارة كهربائية يتوقف حجمها على شدة المجرى الكهربائي . واذا استعملت
بطارية منحددة الكوس وثبتت احد قطبيها بمبرد وحك قطبها الاخر عليه

(١) قد عرف بالتجربة ان الموصل المعدني يزيد مقاديرته للكهربائية

بقدر ما يزيد طوله ويقل تحنه -



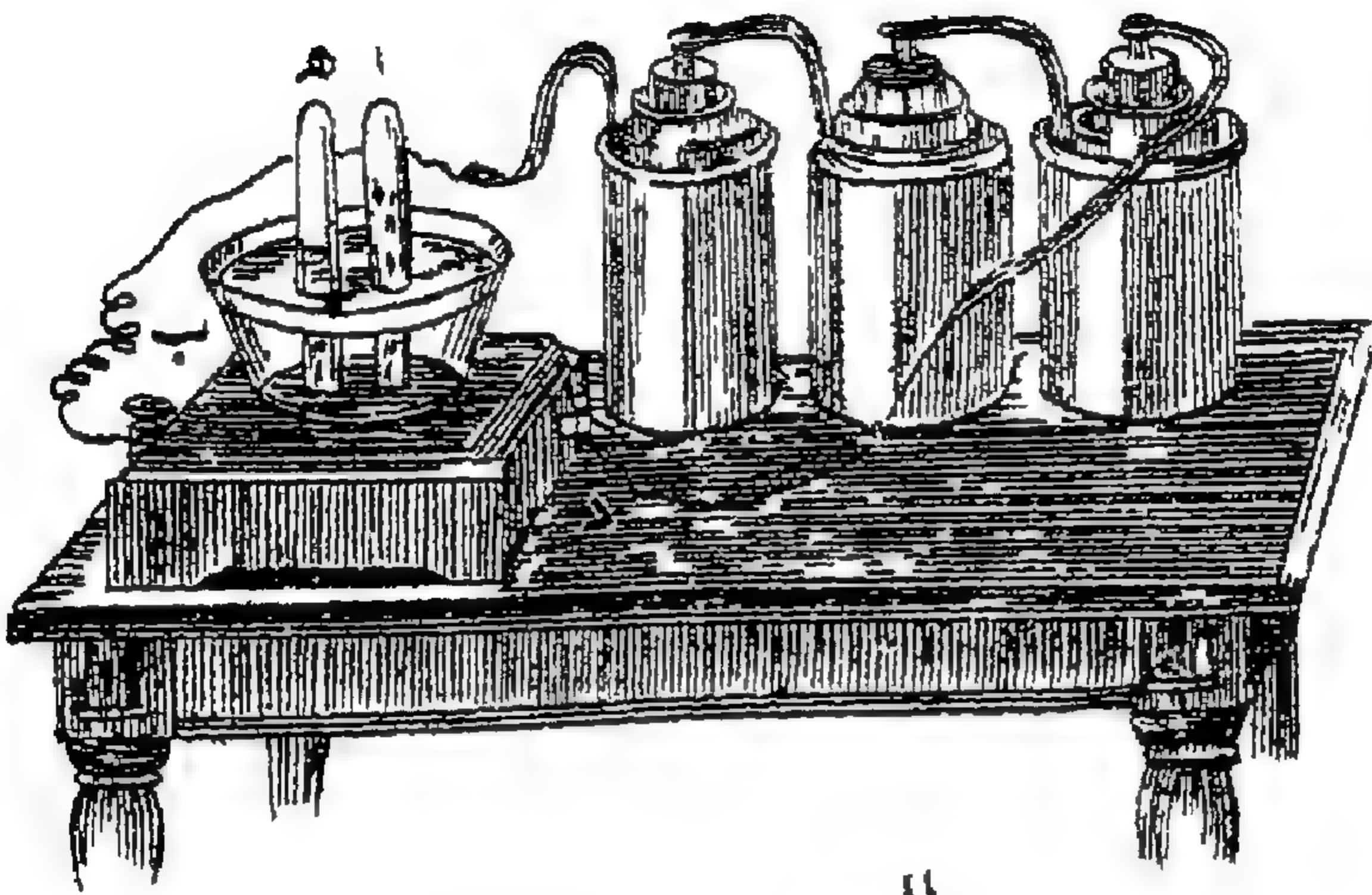
الشكل ٢٤٣

حصل نور بأهى الألوان . واذا كانت البطارية قوية وجعل لها قطبان من الفحم او من كربون الغاز ثم فصلا قليلا انتصبت بينهما قوس باهرة الضياء (الشكل ٢٤٣) وذلك ان النور ينبثق من القطب الايجابي كاللسان ويمتد الى القطب السلبي منتقلا حوله فيلخص تارة جانباً الواحد واخرى

جانباً الاخر . وتكون حوائره شديدة جداً حتى انه اذا وضع اليلا تين فيه ذاب كما تذوب الشمعة من حواللهيب . واذا وُضع غيره من المعادن احترق واضاء بلونه المميز له . واذا وضع الكلس والحجار الصماء ونحوها صهرت وسالت كالماء . وليست حوائره هذه حاصلة من اشتعال الفحم باتحاده باكسجين الهواء لا نفاً يتبع كسأهي ولو فرغ الهواء من حوله . ولما كان النور الكهربائي يفوق سائر الاضواء التي يستعملها البشر لما كان تعميم استعماله عوضاً عنها من اعظم المنافع . وقد حاول ادوين الامير كاني تعميم استعماله منذ سنة ١٨٤٨ ولم يستتب له ذلك تماماً الى الان . هذا وما يستحق ذكره ان اصل النور الكهربائي هو في البطارية حيث تحترق التوتيا باتحادها باكسجين ولكن لا يظهر نور ولا حارة من قوة احتراقها حتى تنتقل تلك القوة الى القطبين فتظهر نوراً كهربائياً وحارة . وذلك بمناسبة نقل ضوء النار وحاراتها الى حيث يراد مع بقائها في المكان الذي اُضرمت فيه

(٢٤١) تأثيرها الكيى — اوكا . حل الماء . اذا كان قطبا البطارية من اليلا تين ووضعا منفصلين قليلا في كأس من الماء المخل الماء وطففت فتاقيم صغيرة على وجهه . واذا كان قطبا البطارية من النحاس ووضعا في الكأس

صعدت الفقاقيع من عند القطب السلبى فقط ولم تصعد من عند الايجابى .
وعند جمع الغازات من هذه الفقاقيع يوجدانها اكسجين وهيدروجين وان
جوز الهيدروجين مضاعف جرم الاكسجين
ولبيان ما تقدم ذكره من الماء محبباً بقليل من حامض الكبريتيك في
وعاء من الزجاج موضوع على قاعدة من الخشب كما ترى في الشكل ٢٤٥ وأدخل



الشكل ٢٤٥

في قعره قطبي البلاتين وصلها بواسطة تخطيط من الخاس باللولبين د و ب .
واقرب فوق كل منهما انبوبة من الزجاج مملوءة من الماء فيدخل الماء عند تهيج
الكهربائية وتجمع فقائير الاكسجين في الانبوبة او فقائير الهيدروجين في الانبوبة
ويذهبون في تحليل ذلك كما ذهبوا في تحليل التغير الكيماوى (على ٢٢٨)
ومن الغريب انه كلما احترق جوهر من التوتيا في البطارية يتهيج من الكهرباء
ما يكفي لتحلل جوهر اكسجين من الماء عند القطب الايجابى . وذلك يدل على
وجود علاقة شديدة بين الالفة الكيماوية والكهربائية وربما دل
على ان الواحدة هي عين الاخرى

(٢٤٢) ثانياً محلل الاجسام المركبة . والاجسام الايجابية الكهربائية
والسلبية الكهربائية - اول جسم انحلت بالكهربائية على ما تقدم هو الماء
وذلك سنة . . . انهم انحلت اجسام متحدة كذلك وثبت انها مركبة من عنصرين

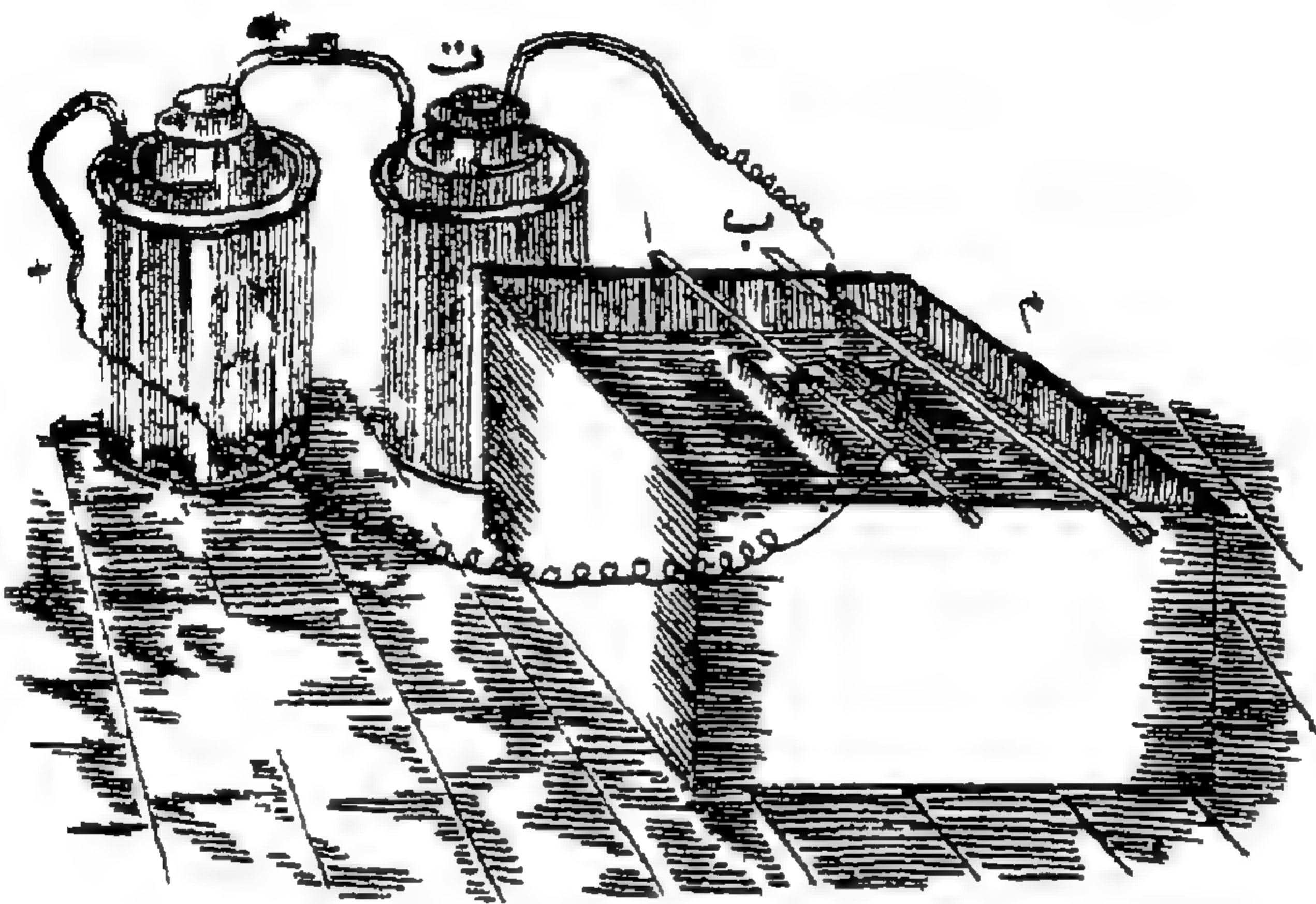
أو أكثر بعد ما كانت تعدّ عناء صعبة. وما يعتبر في هذا الحل أن بعض العناصر كالهيدروجين وأكثر المعادن يذهب إلى القطب الايجابي فيحسب سلباً كهربائياً لأن الكهرباء الايجابية تجذب السلبية وبعضها كالأكسجين والكلور والكبريت يذهب إلى القطب السلبى فيحسب ايجابياً الكهربائياً لما هو واضح

(٣٧٣) ثالثاً الافراغ بالكهربائية - هذا يسمى عند الافرنج للكتروتيب وسيراد به الطريقة التي بها ترسب المعادن من مذوّباتها بواسطة الكهرباء لنقل صورة بارزة أو محفورة على الخشب أو لعل حروف المطابع وما شاكل. ولا يخفى أن نقل الصور كتقل صورة تمثال مثلاً يتم في المعتاد بعمل قوالب مجوّفة كتلك الصورة وهو الحديد ونحوه على النار وافراده مصهوراً في تلك القوالب فيخرج بعد جوده كالتمثال المنقول. وأما في الافراغ بالكهربائية فلا يلزم إلا القالب ثم تُفرغ الكهرباء المعدن فيه بلا نار ولا صهر

أما القالب فيصير أن يكون شمعاً أو كوتا برخاً أو غيرها ويفضل الكوتا برخاً على غيره ولا سيما إذا كان المراد نقله صغيراً. والكوتا برخاً صلب فينقع في الماء الساخن ليلين ثم يوضع على الصورة المراد نقلها ويضغط عليها فإن كانت الصورة من معدن كالنيشان مثلاً تنطبع عليه فينقل عنها بسهولة بعد ما يبرد. وإن كانت الصورة من الجيد لا ينقل عنها إلا بصعوبة وربما تمزّق قبل فصلها. ولذا لك قد هن بقرشة بالرصا ص الاسود قبل الطبع عليها فيسهل اقتلاع الكوتا برخاً عنها

وبعد الفراغ من القالب على ما تقدّم فرغ الكهرباء المعدن فيه على ما يأتي: لنفرض أنا اردنا افراغ النحاس فيه فنملأ حوضاً مثل الحوض م (الشكل ٣٧٤) من مذوّب كبريتات النحاس ونملأ عليه قضيبين من النحاس أ وب من جانب إلى جانب ونصل أحدهما بالقطب السلبى والاخر بالقطب الايجابى من بطارية كروف أو بطارية دانيال (هذه تفضل لدومها). ونعلق القالب

بالقضييب ب ونعلق سبيكة من النحاس بالقضييب انتمم الدائرة وتحل كهربائية
كبريتات النحاس الى حامض كبريتيك ونحاس . اما النحاس فيرسب عند القطب
السلبى على القالب واما الحامض الكبريتيك فيذهب الى القطب الايجابى حيث سبيكة
النحاس فيحل جزوا منها ويتركب معه فيصير ان كبريتات النحاس فيستعاض
به عما انحل من كبريتات النحاس اولا . ولذلك يبقى كبريتات
النحاس على حالة واحدة من التركيز اى انه يبقى في المنقوب على كمية واحدة .



الشكل ٢٤٤

وبعد ان يرسب على القالب ما يكفى من النحاس يرفع وينزع الكوبتير خاعنه واذا
اريد نقل مثال ثان عن مثال النحاس هذا يطلى قفاه بطلاء من الفرنيش
حتى لا يعود يصل الكهرباء ويغمس في مذوب كبريتات النحاس فيرسب
النحاس عليه حتى يصير سمكه قدر المطلوب ثم ينزع عنه هذا الراسب بسهولة
فيكون مثله . كذا انغمس حروف المطابع واوراق الاشجار والخشبات والاثمار
والازهار ايضا . كل ذلك ولا احد يسمع للكهربائية صوت ولا يرى لها هيجانا

(٣٨٤) اربعا التلبيس بالكهربائية . الفرق بين الافراغ والتلبيس انه
في الافراغ ينقل عن القالب مثال له وفي التلبيس يكسى القالب نفسه كساء دائما
لا ينزع عنه من الفضة او الذهب النحاس . والمعادن التى يسهل تلبيسها كثيرا الفضة

الجرمانية والنحاس وفئة النكل وهي مزيج من النحاس والتوتيا والنكل تصنع منه احسن اذنية الملبسة. ويقتضى للامتعة ان تعد على ثلاث طرق حتى تصير صالحة للتلبس. فاولا تحي حتى يذوب عنها ما يلصق بها من المواد الهدية وثانيا لما كان النحاس يلبس اكثر من غيره وكان احاؤه على ما تقدم يكسوه كساء من اكسيد النحاس الاول فلذلك يغمس حاميا في حامض نتريك مخفف جدا حتى يذوب الاكسيد عنه ثم يغمره بغرشة قاسية ويغسل بالماء المقطر ويجفف بطرية في دقيق لنشارة الخشب محمي قليلا. وثالثا يزال عن الامتعة كل ما يلوثها من الاقل اربعمسها في الحامض النتريك ثم في مزيج من الحامض النتريك والملح والكتن وغسلها جيدا بالماء المقطر وتجفيفها في دقيق لنشارة كما سبق

وبعد ذلك تعلق بالقطب السلبى من بطارية ذات ثلاث كوس اوانرر وتغرس لتلبسها الفضة في مغطس حرارته ما بين ٥١٢ و ٥١٨ ف حتى تلبس قدر المطلوب. واما المغطس ففي تركيبه اختلاف كثير. والغالب في الاستعمال ان يستحضر بتن ويا جزئين من سيانيد الفضة وجزئين من سيانيد البوتاسيوم في ٢٥ جزءا من الماء وتعلق سبيكة من الفضة بالقطب الايجابى وتغرس في المغطس للتعويض عن الفضة التي ترسب من المغطس في التلبس فيبقى المغطس على قوة واحدة كما تقدم في الافراغ (عد ٢٣٤ م)

والتلبس بالذهب كالتلبس بالفضة الا ان الذهب يستعمل في المغطس عوضا عن الفضة وكذلك السبيكة تكون من الذهب. ويصنع المغطس بتن ويا سيانيد الذهب في مذوب سيانيد البوتاسيوم بالماء والتلبس بالنحاس كالتلبس بالذهب والفضة ولكن بابدال الذهب والفضة بالنحاس. ويصنع المغطس له بتن ويا كبريتات النحاس في الماء حتى يشبعه (اي حتى لا يعود يذوب فيه) ثم يصب فيه نحو نصفه من الماء مع شئ يسير من الحامض الكبريتيك. والغالب ان تلبس به المعادن التي لا تلبس

الذهب جيداً كالحديد والفولاذ والتوتيا والقصدير والرصاص والخشب و
ذلك بعد دهنها بمسحوق الرصاص الا سيولد لهم تلبسها ذهباً حينئذ
(٢٧٥) تأثيرها الفسيولوجي - اذا مسك الانسان بيديه قطبي
بطارية ذات كاس واحدة لم يشعر بتأثيرها واما اذا مسك بقطبي بطارية
قوية فيشعر باللامر ولا سيما اذا ابلل كفيه بالماء المالح لزيادة الاتصال فان
تأثيرها قد يعطيه. هذا وقد رُدت الارانب بكهربائية البطارية الى الحياة بعد ان
خُنِقت نصف ساعة من الزمان. واذا جرى المجرى الكفافي في جسد الميت شجرة
وحركة تحريكاً برعب الناظر. واذا جرى في دماغ الحي اثر فيه تأثيراً غريباً حتى
صار ذلك يستخدم اليوم لكشف وظائف الدماغ

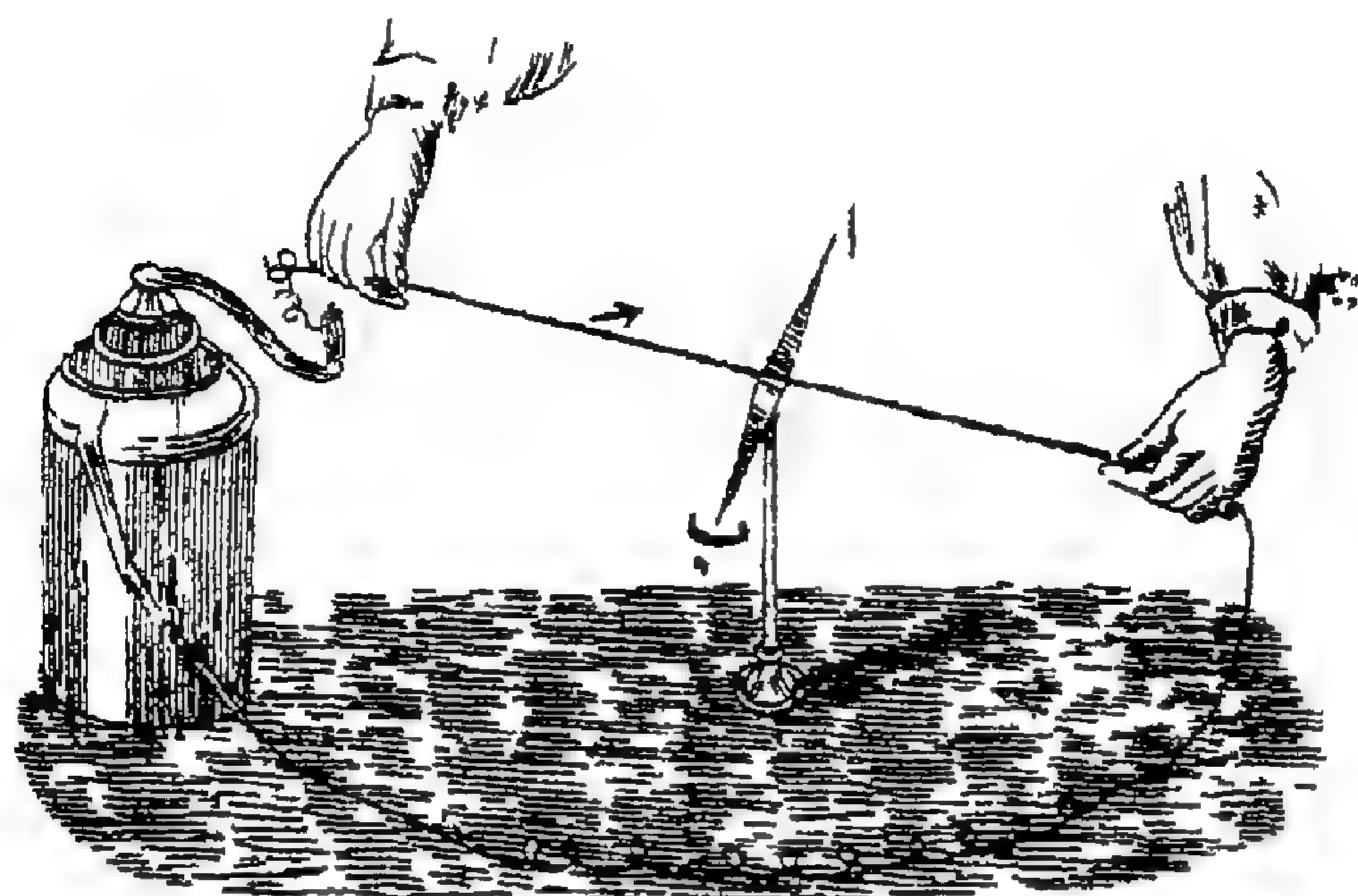
الفصل الرابع

في الكهربية المغناطيسية

(٢٧٦) فعل المجرى في المغناطيس الكهربية المغناطيسية
فن يبحث فيه عن الظواهر التي تظهر من المغناطيسية والكهربية
معاً. والذي اذني الى وضعه اكتشاف العلامة اُرسنيد استاذ
الطبيعات في كوبنهاغن وهو ان اذ امر مجرى كهربائي فوق ابرة
مغناطيسية او تحتها يحرفها عن وضعها الا صلي فتطلب ان تكون
عمودية عليه

ولبيان ذلك خذ ابرة مغناطيسية متحركة وموضوعة في الهاج المغناطيسية
كالابرة اب في الشكل ٢٧٤ ثم قرب منها شريطاً تجرى الكهربية عليه فتتحرف
الابرة عن وضعها الا صلي وتتهز ثم تهدأ على زاوية قائمة على الشريط تقرباً.

ويقرب وضعها من الزاوية القائمة على الشريط كلما زاد المجرى الكهربائي قوة —
ثم إذا كان الشريط فوق الأبرة وجرت الكهربية عليه من الجنوب إلى الشمال

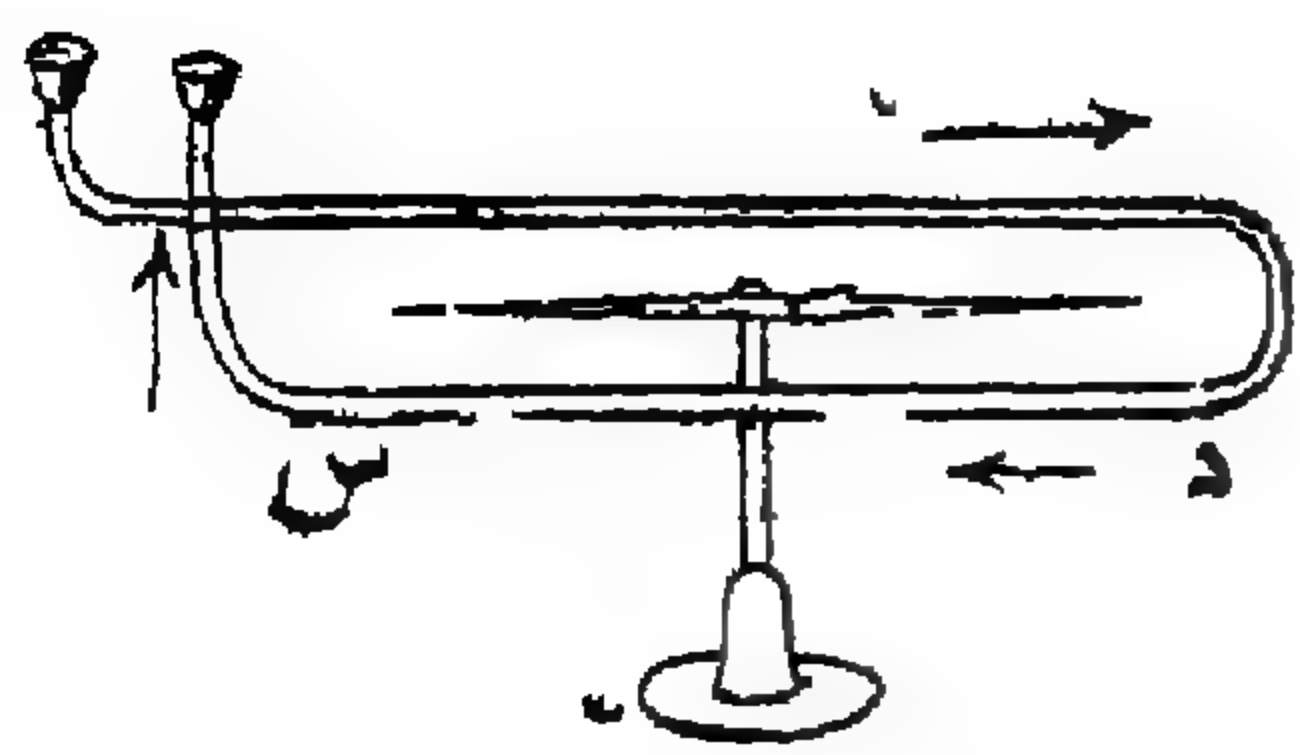


الشكل ٢٤٤

انحرف قطب الأبرة الشمالي غرباً. وإذا جرت من الشمال إلى الجنوب انحرف قطب
الأبرة الشمالي شرقاً. ويعكس ما تقدم من أن كان الشريط تحت الأبرة. وعليه وضع
أمبير القاعدة الآتية لترسيم جهات الأبرة في الذهن وهي: إذا توجه الناظر
نفسه منطوفاً فوق الأبرة أو تحتها بحيث يكون وجهه متخفاً إليها في الحالين وقام
مقام قطعة من الشريط ومراً المجرى الكهربائي من رجليه وخرج من رأسه انحرف
القطب الشمالي من الأبرة إلى يساره دائماً — وكما أن المجرى الكهربائي يحرف
المغناطيس كذلك المغناطيس يحرف المجرى الكهربائي

(٢٤٤) الكلفانومتر — هو آلة تقاس بها قوة المجرى الكهربائي
وجوته. وقد اخترعه شقيكر الجرمانى بعد اكتشاف أمبير
بزمان يسير على المبدأ الآتي

إذا عطفنا الشريط فوق الأبرة وتحتها من قطب إلى قطب
كما ترى في الشكل ٢٤٨ وأجرينا المجرى الكهربائي فيه انحرف
قطب الأبرة الشمالي إلى يسار الناظر كما في قاعدة أمبير

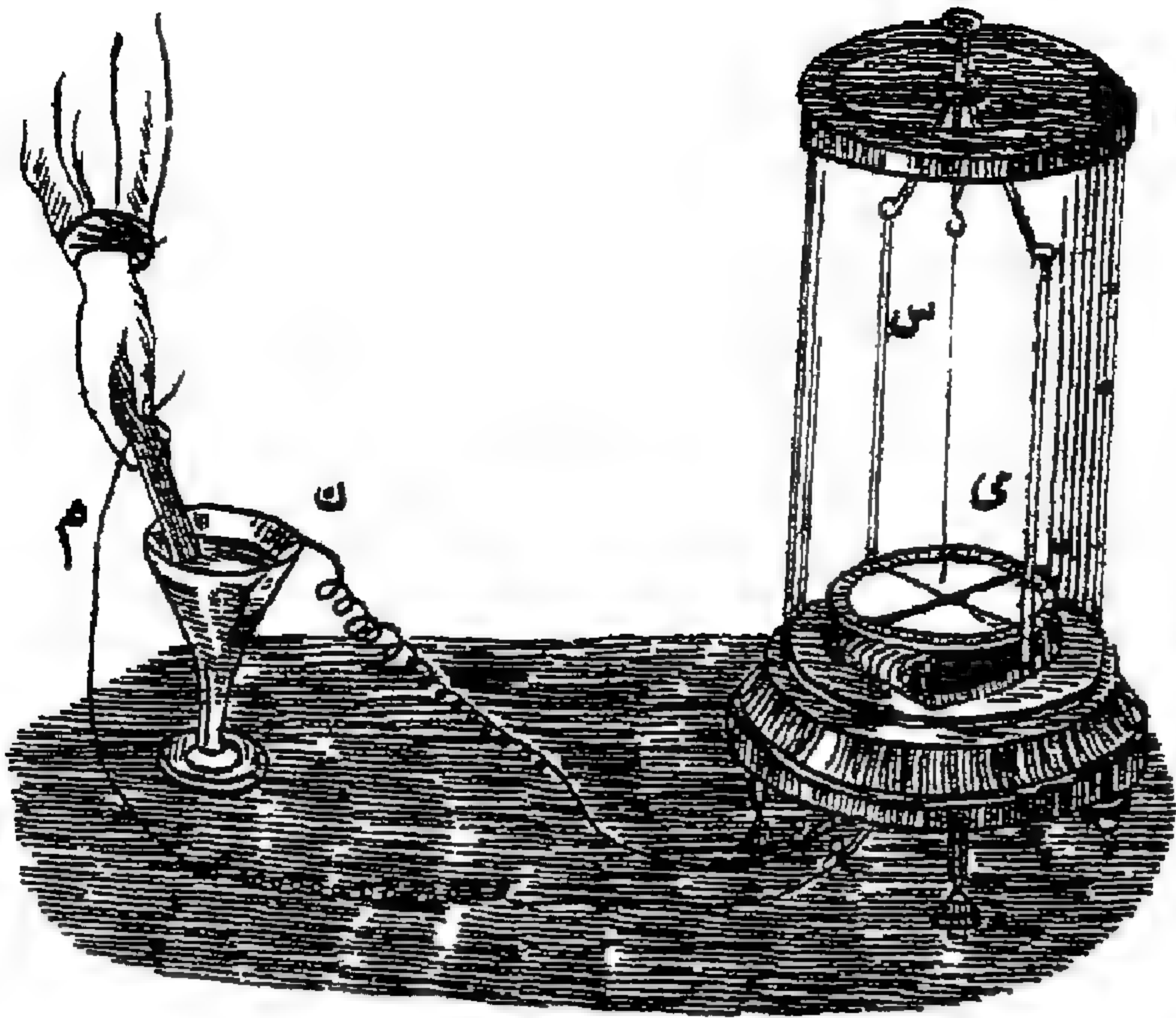


الشكل ٢٤٨

كان انحراف الابرة اعظم من انحرافها في الشكل ٢٤٧ لان الشريط يؤثر فيها هنا من فوقها وتحتها وما بينهما ولا يؤثر فيها هناك الا من فوقها فيزداد تأثير المجرى الكهربائي

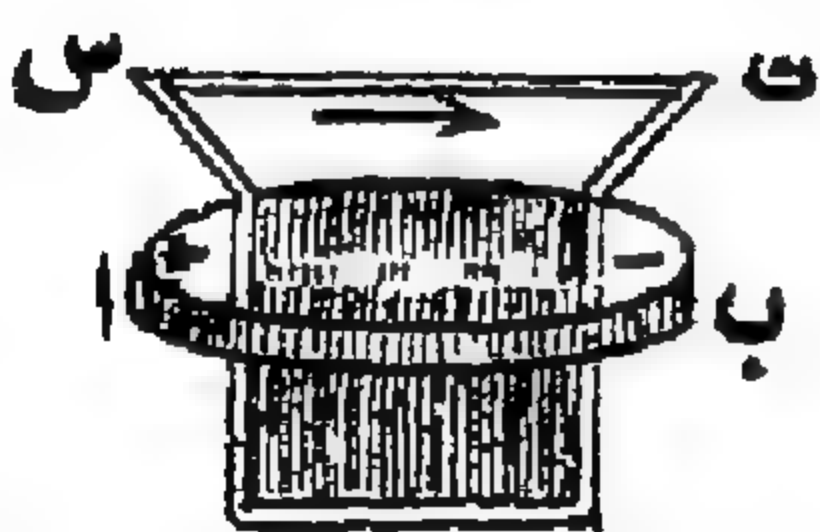
فيها مع بقاءه على قوته بزيادة عدد اللفات حتى يصير المجرى الضعيف حذاً كالمجرى القوي على شريطة واحدة . فتتأثر قوته بانحرافها ولو كانت ضعيفة جداً ولا يخفى ان مغناطيسية الارض من شأنها ان توجه قطب الابرة الشمالية الى الشمال فتقاوم انحرافها بالمجرى الكهربائي . ولذلك يضعون ابرة فوق اخرى بحيث يكون القطب الشمالي من الواحدة تجاه الجنوبي من الاخرى والجنوبي تجاه الشمالي . فلا تعود الارض تقاوم انحرافهما بالمجرى الكهربائي الا قليلاً لانها تجذب قطب الواحدة كما تدفع قطب الاخرى تعريباً اذ تجعل مغناطيسية الواحدة اقوى من مغناطيسية الاخرى قليلاً فتتقيان خاضعتين لتأثير المجرى الكهربائي فيهما ويقال لهما النظام الاستاتيكي

تري في الشكل ٢٤٩ صورة المكثافور . ب لفة من الشريط الملفوف حوله حوير لفصله فتجري الكهرباء عليه كله ون الشريطة الداخل المجرى الكهربائي عليها من البطارية او نحوها الى اللفة و الشريطة الخارج عليها من اللفة الى البطارية او نحوها . وس خيط من الحرير يتعلق به نظام استاتيكي بحيث نكون احدي ابرتيه داخل تجويف اللفة والاخرى اب فوق دائرة مقسمة . وشريط الملفوف ملفوف على نحاس و موضوع على قرص من النحاس ايضا له لولاب يجعل سطحه افقيًا . فيعرف وجود المجرى الكهربائي على الشريط من انحراف



الشكل ٢٤٨

قطب الأبرة وتعرف شدته من مقدار انحرافه وتعرف جهته من جهة انحرافه. ويسمى الكلفا تور بالريو مما يؤثر الضعيف أيضا لأنه يزيد قوة المجرى الكهربائي (٢٤٨) فعل مجرى بمجرى - صنع شريطة على موازاة شريطة أخرى وأجر المجرى في كل منهما فإذا جرى المجرى في جهة واحدة تجاذبتا وإذا جرى في جهتين متعاكستين تدافعتا



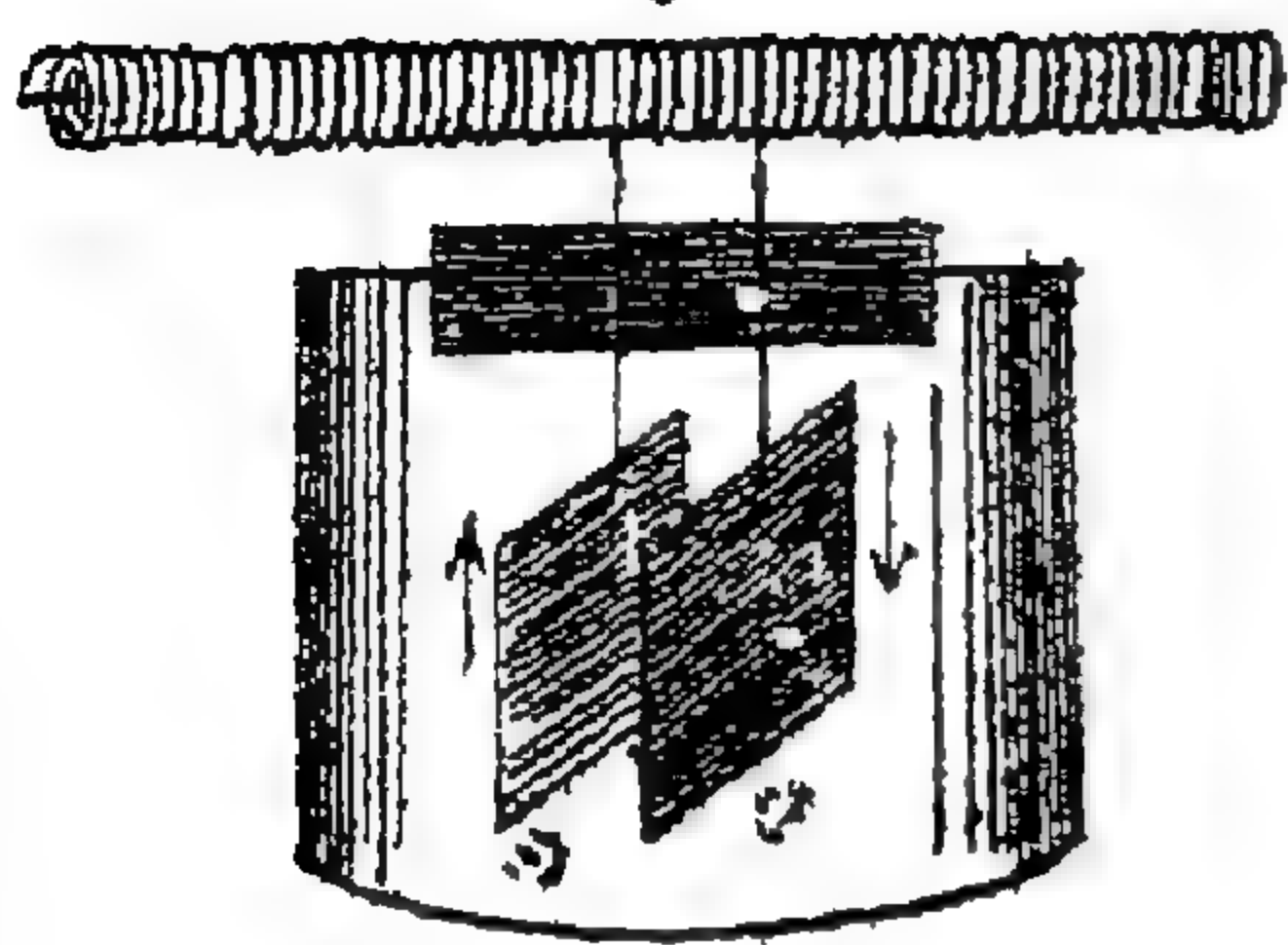
ولبيان ذلك ضم صفيحة من التوتيا المملغمة إلى أخرى من النحاس وثبتها في قطعة من الغلين أ ب (الشكل ٢٤٠) حتى يعوما عند وضعهما في حامض

الشكل ٢٤٠

مخفف. وصل بين قطبيهما الأليجاني والسليبي بشريطة س ت فيجرى المجرى عليها في جهة السهم. ثم وصل بين قطبي بطارية بشريطة حتى يجرى المجرى عليه وقرابه بيديك. موازيا للشريطة س ت. فإت كان المجرى جاريا عليه في جهة السهم جذب الشريطة س ت إليه وإن كان جاريا في عكس جهة السهم دفعها. هذا إذا كان الشريطان متوازيين وأما إذا طم أحدهما الآخر وكان ثابتا

والأخر قابلاً للحركة فإذا جرى الجريان فيهما نحو نقطة التقاطع أو عنها تجاذباً
وإذا جرى أحدهما نحوها والآخر عنها تدافعا

(٢٧٩) اللقطة القنوية - خذ اسطوانة فارغة كبريشة مثلاً وادخل



الشكل ٢

في ثقب بجانبها شريطاً مفصلاً متصلاً بلوح الخاس
ن (الشكل ١) ومدة في محورها حتى يخرج
من أحد طرفيها ثقل على خارجها لثقلها
من طرف إلى طرف وادخله فيها من الطرف
الأخر ومدة في محورها ثم أخرجه من ثقب
في جانبها وصله بلوح التوتيا فيستكون منه

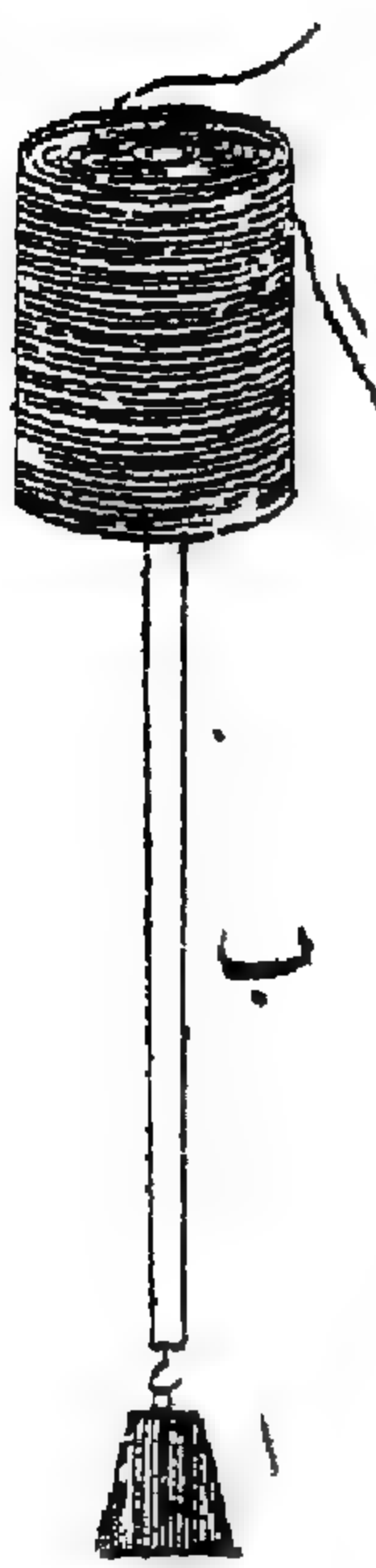
لقطة كالقناة ولذلك يقال له القنوية والتفاف الشريط فيها إما أن يكون من
اليمن طالعاً إلى اليسار وعينك تنظر داخلها من طرف من طرفيها أو من اليسار
طالعاً إلى اليمن وعينك كذلك. فإذا جرى المجرى الكهربائي في لقطة من النوع الأول
داخل من الشمال وخارجاً من الجنوب أكسبها هذه الخصائص (١) إذا كانت
متحركة وتوكت لأنها فعلت بها الأرض كما تفعل بالابرة المغناطيسية
ووقعها في خط الجرد المغناطيسي وجّهت شمالها إلى الشمال وجنوبها إلى الجنوب
(٢) إذا قرب القطب الشمالي من المغناطيس إلى قطبها الشمالي تدافعا وإذا قرب
الجنوبي تجاذبا (٣) إذا قرب إليها لقطة قنوية من نوعها فيها مجرى كهربائي
تجاذبتا وتدافعا كأنهما مغناطيسان - وإذا جرى المجرى الكهربائي في لقطة من
النوع الثاني انعكس القطبان وجذبتهما ودفعهما

(٤) رأي أمبير في القوة المغناطيسية يستنتج مما تقدم أنه إذا
جرى المجرى الكلفاني على لقطة صيرها مغناطيساً قطباً يتغيران حسب الجهة
التي يجري المجرى فيها على اللقطة - ويمكن أن يعكس هذا الاستنتاج فيكون
المغناطيس جسماً تجري الكهرباء عليه دقائقاً وهذا هو رأي أمبير - أما

اللغة فيجري فيها مجرى واحد وأما المغناطيس فيجري مجرى في كل دقيقة من دقائقه
ولذلك تكون مجاريه عديدة جداً ثم إذا تصورنا مؤلفاً من سافات من
الدقائق بعضها بجانب بعض فيجاري الدقائق التي في وسط الساف يبطل
بعضها بعضاً حتى تبقى قوة مجاري الساف كله معادلة لقوة مجرى واحد
يحيط بها على سطح المغناطيس . وأما من جهة هذه المجاري المتعوم بها فتكون
على ما يظهر من اللغة القنوية معاكسة لجهة عقارب الساعة في القطب
الشمالي من المغناطيس ومطابقة لجهة عقارب الساعة في القطب الجنوبي
منه (أي أنها تكون من اليمين إلى اليسار في الشمال وبالعكس في الجنوبي)

(٣٤١) مغناطيسية الأرض — وعلى ما تقدم نعلم مغناطيسية الأرض
بأنها مجاري كهربية تجرى حولها من الشرق إلى الغرب عمودية على الهاجرة
المغناطيسية (عد ٣١٨) والمظنون أن هذه المجاري تحصل من تفاوت
حرارة الشمس على أقسام مختلفة من الأرض من الشرق إلى الغرب لأن
لتفاوت الحرارة يهيم الكهربية كما سيبي (عد ٣٨٢) . ولما كانت هذه المجاري
تجري حول الأرض من الشرق إلى الغرب وكانت مجاري الأبرة المغناطيسية تجري
حولها على عرضها لا على طولها فهي لا تهدأ حتى تصير مجاريها موازية لمجاري
الأرض أي حتى يتجه طولها شمالاً وجنوباً

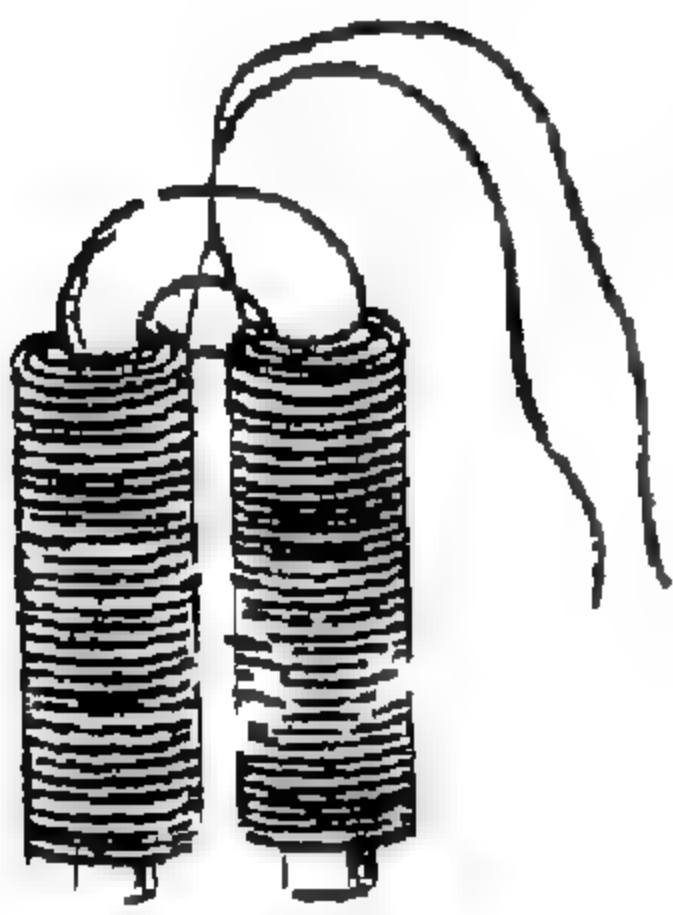
(٣٤٢) المغناطيس الكهربية — تقدم (عد ٣٠٨) أن المغناطيس الصناعي
يصطنع بالكهربية وتقدم بيان ذلك في كهربية الاحتكاك (عد ٣١١) وأما في
الكهربية الكهربية فإذا لف شريط مقصول على حديد لين ووصل طرفاه
بقطبي بطارية كهربية فعند ما يجري المجرى الكهربي في الشريط يصير الحديد
مغناطيساً وعند ما ينقطع عن الشريط يفقد الحديد مغناطيسيته . وإذا انزل
الحديد بالنفوس لا تصدر مغناطيسياً دائماً . وكلما زاد عدد لفات الشريط



الشكل ٢٤٢

زاد المغنطيس قوة حتى انهم قد صنعوا ذلك من المغنطيس ما يحمل ٥٠٠ مثقل من ثقله - ترى (الشكل ٢٤٢) صورة لفئة اذا وصل طرفا شريطها ببطارية كلفانية ووضع اسفلها قضيب ب من الحديد فعند جري الكهربية فيها يتمغنط القضيب فتجذبه وتحملة حاملا ثقلا كبيرا وتعلقه بين السماء والارض لا شيء فوقه ولا شيء تحته. فيظهر من ذلك ان اللفة والقضيب يتمغنطان معا اما المغنطيس الكهربائي فحديدة لينة على شكل نغوة

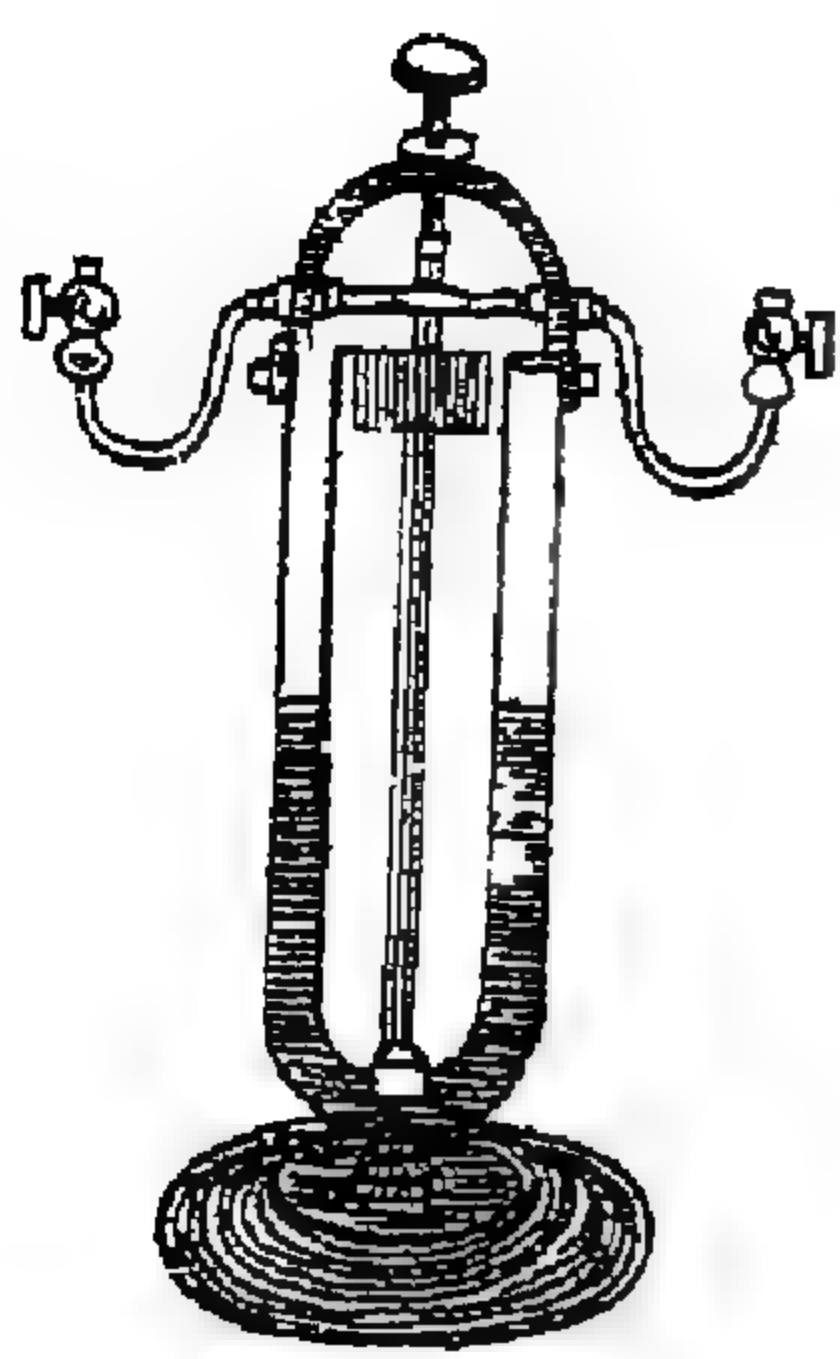
الفرس (الشكل ٢٤٣) يلف شريط مفصول من النحاس على ساعديها فتتمغنط عند جري المجرى الكهربائي في لفته الشريط تمغنطا وقشائرا ول عند انقطاع المجرى. ويصنع ايضا من قضيبين من الحديد يصل بينهما قضيب ثالث ويلف عليها الشريط. وتزداد قوة تتعاظم حجمها وازداد التفاف الشريط عليه واشتداد المجرى الجارى فيه -



الشكل ٢٤٣

(٢٤٣) حصول الحركة الميكانيكية بالكهربية

اذا تمغنطنا قضيبا من الفولاذ بلفة من الشريط ثم عكسنا جهة المجرى عليها انعكس قطبا هذا المغنطيس فيستخدم ذلك للحصول على حركة متصلة - ترى في الشكل ٢٤٣ آلة پاچر الدوارة وهي مؤلفة من مغنطيس نظوي قائم ومغنطيس كهربائي صغيرين قطبيه موضوع على قضيب يدور حاملا اياه. وفوق المغنطيس الكهربائي ذنبر كان موضوعا بحيث انه لا يدور دورة حتى يكون المجرى الكهربائي قد مر من كل منهما الى الشريط الملفوف على المغنطيس الكهربائي فيجري المجرى الكهربائي عليه تارة الى جهة واخرى الى عكسها ولذلك يتغير قطبا مرتين في كل دورة. ثم ان قطب المغنطيس النظوي القائم يجذب ان قطب هذا المغنطيس الكهربائي ولكن هذين لا يصيران



الشكل ٢٤٧

مقابلها حتى يكونا قد انعكسا بآنعكاس جهة المجري
الكهربائي على الشرط . ولذلك يقع الدفر بينهما وبين قطبي
المغنطيس القائم فيبعدان عنهما دائرين حتى يعود
كل منهما ويقارب عكسه من قطبي المغنطيس القائم
فيقع الجذب بينهما كالسابق وصنع تقابل الاثنان
المتجاذبان تنعكس جهة المجري الكهربائي فيتبدلان
وهلم جرأاً . فيحصل من الجذب والدفع دوران
المغنطيس الكهربائي والقضيب الحامل له وذلك

هو الحركة المطلوبة . وقد يكون دورانه سريعاً جداً حتى يصير عدد الدوران
٢٥٠٠ دورة في الدقيقة فتعكس جهة المجري ٥٠٠ مرة فيها

(٢٤٨) الآلات المغنطيسية الكهربائية هذه الآلات تصنع على مبدأ
من مبدأ أين قاما ان تصنع على مبدأ ان المغنطيس يكتسب القوة المغنطيسية
والمجري الكهربائي جأير حوله ويفقد ما عند نقطاع المجري عما حوله فيكون له قوة
الجذب والدفع في الحال الأولى ولا يكون له قوة منهما في الحال الثاني فلا يحرك
غيره . واما ان تصنع على مبدأ انعكاس جهة المجري الذي سبق بيانه . وقد
صنع منها آلات بقوة ثمانية وعشرة احصنة ولكنها لم تكن في الاستعمال لكثرة
ما يقتضيه لها من النفقة . فانه يلزم للمجري الكهربائي وقود كما يلزم للحراقة
وقود . ووقود المجري الكهربائي التوتيا وهذه يقتضيه ان يوقد منها لتحريك الآلة بقوة
عشرة احصنة ما قيمته اعظم جداً من قيمة الفحم الحجري الذي يوقد لتحريكها

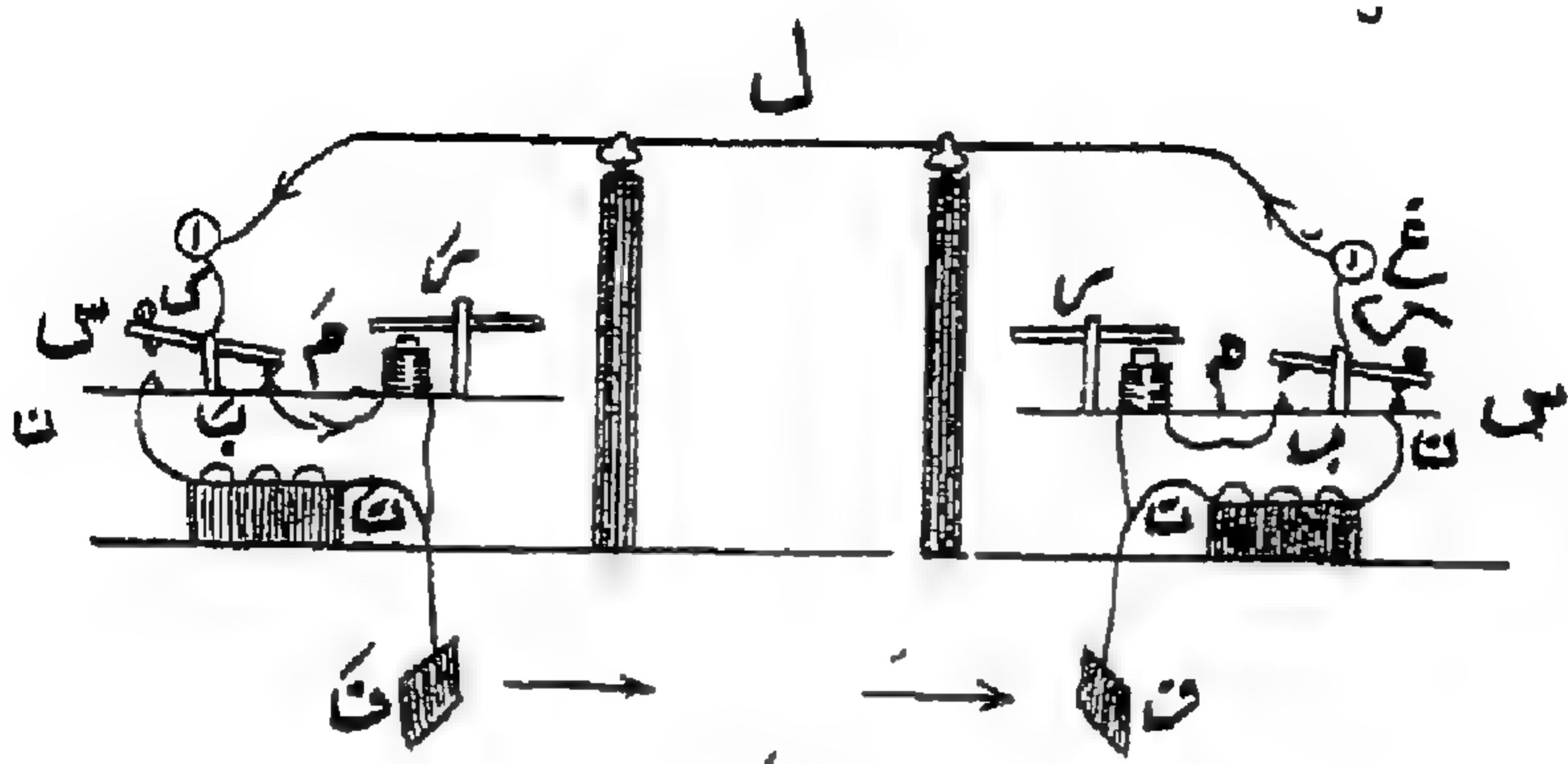
(٢٤٩) التلغراف الكهربائي - من اعظم منافع الكهرباء

في اعمال الناس التلغراف تنقل به الاخبار من ناحية في الارض
الى أخرى بسرعة عظيمة . وقارينة طويل والمخترعون فيه كثيرون
واتر انواعه واغلبها استعمالاً تلغراف مورس الا ميركاني ومبدأه

مبدأ المغنطيس الكهربائي كما ستري

اما الادوات الجوهرية التي يتألف منها هذا التلغراف فتتألف من بطارية
لتنهيم الكهربية وتشتيط موصل لا يصل للجوي الكهربائي والراقم لخط العلامات
المستعملة للدلالة على حروف الهجاء فالبطارية الغالب استعمالها بطارية
كروف. والتشتيط اما ان يمد في الهواء او تحت الارض او في الماء. فالاول
يصنع من الحديد المقصول ويمد بين مكانين مائرا على أعنة خشبية عليها
سندات فاصلة من الخوف الصيني لتسندة. والثاني يمد في المدن حيث
يختار انقطاع في الهواء ويصنع عادة من النحاس الملبس بالكونا برخا
لفصله فلا تتبدد كهربية في الارض التي يمر فيها. والثالث يمد في الجوربين
بلاد وبلاد ويصنع بقتل شرائط من النحاس الخالص الواحدة على الاخرى ثم يفصلها
بحجم فاصل وتليدسها اجساما ثقيلها من قاذير الماء فيبلغ قطر شريطها ذراعا بعد
كل ذلك. والراقم سياقي تفصيلا بعد الكلام على ارسال الرسالة البرقية
(٢٤٦) ارسال رسالة البرقية + لنفرض اننا مدنا الشريط بين مكانين
كبيروت س ودمشق س (الشكل ٢٤٥) وضغنا في كل منهما بطارية
ب وب حتى تجري الكهربية الايجابية من ب في جهة ن ومن ب في جهة
ن وان لنا مفتاحا ن لارسال الكهربية (وسياقي ايضا حها و غ غ
كلقا فورمان ومم قابلتان وهما مغنطيسان كهربائيان وسُميا قابلتين
لقبولهما الكهربية. وراقمان يرقمان علامات الحروف و لوحان
من المعدن مساحة سطح كل منهما عدة اقدار مربعة وهما ن في الارض
فاذا اراد العامل بالتلغراف ان يبعث رسالة بفية الى دمشق ضغط
باصبعه طرف المفتاح لـ حتى يمر اسفله حديد تحتة فيجري الجوي
الكهربائي من القطب الايجابي للبطارية ت مائرا على المفتاح والكلقا نور
غ والشريط الى محل التلغراف في دمشق ثم مر على الكلقا مسترعا

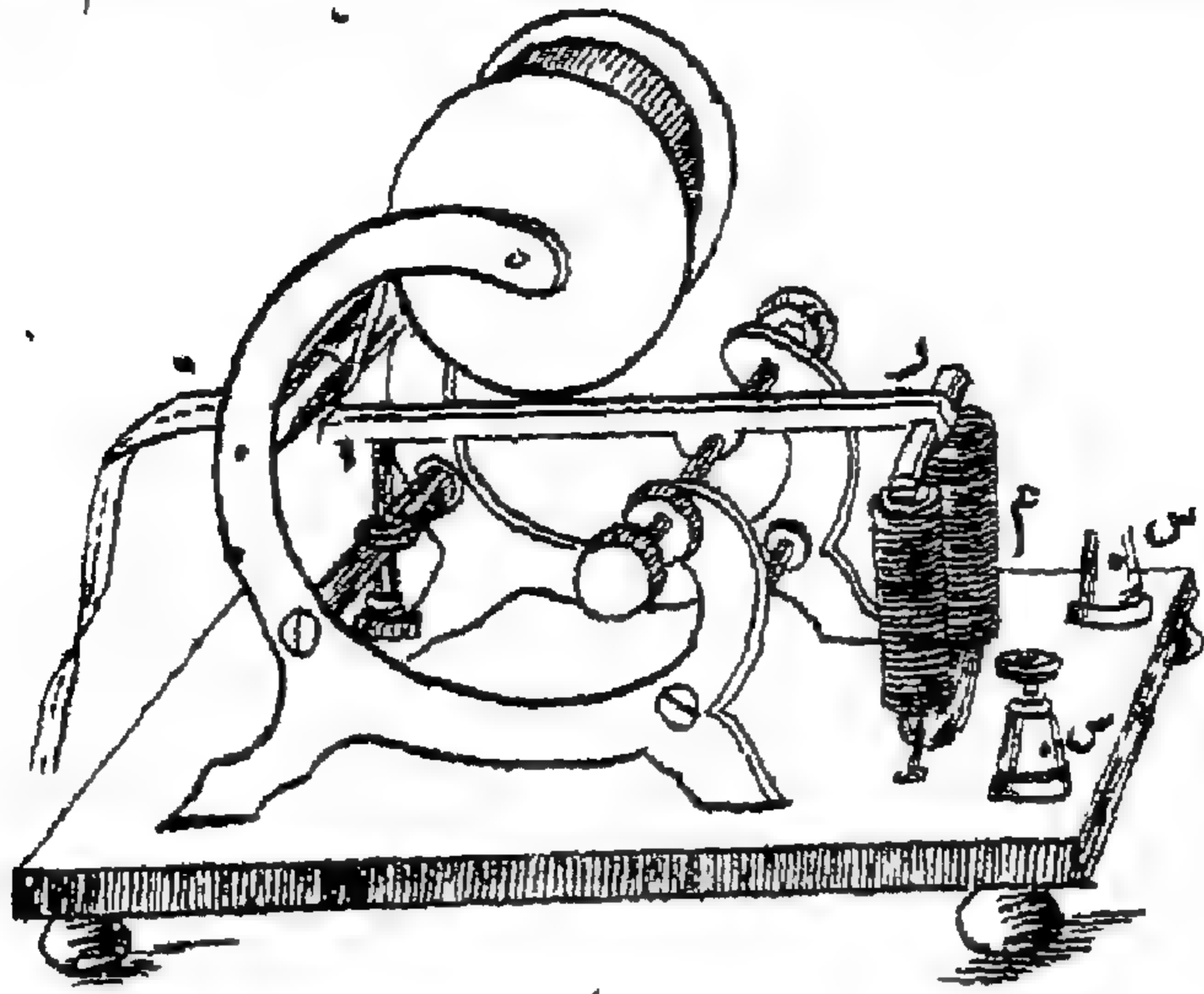
والمفتاح كـ والقابلة تم وينزل الى اللوح ق ويجتاز منه الى الارض فيجوى فيها في جهة السهمين حتى يصل الى ق في بيروت ومنه الى القطب السليم من البطارية ب حيث ينتر الدائرة وتكون م حينئذ منفصلة عن ت حتى يجوى المجوى



الشكل ٢٤٥

الكهربائي كما ذكرنا. وما زال طرف المفتاح ك مضغوطة على ما تحته يبقى المجوى على ما تقدم ولكن حالما ترفع الاصبع يرجع طرف المفتاح الاخر بقوة ذنيرك ويمش نتوءا تحته ويرتفع الطرف الاول عما تحته كما ترى عند س واذا اراد العامل في دمشق ان يبعث الرسالة ضغط طرف المفتاح عند ه فيجوى الكهرباء من البطارية ب على نحو ما ذكر حتى تعود اليها فيصير س الباعث وس القابل (٢٤٤م) الواقع - هذا اجزاء من آلة (الشكل ٢٤٤م) فيها مغناطيس كهربائي م ماعنوف عليه شريط دقيق وطويل جدا من النحاس. فيتصل احد طرفي هذا الشريط بالشريط الممتد بين المکانين ل (الشكل ٢٤٤م) بواسطة اللولب س ويتصل طرفه الاخر بشريط اللوح المعدني ف في الارض بواسطة اللولب س فعند ما يضغط المفتاح في دمشق لا رسال الرسالة البرقية الى بيروت مثلا يجوى المجوى على لفتي المغناطيس الكهربائي في بيروت فيجذب هذا المغناطيس الحافظة المتصلة بطرف الرقود (الشكل ٢٤٤م) فينخفض هذا الطرف ويرتفع الطرف الاخر. وفي هذا الطرف مسمار مرأس فعند امر تقاعه يمش سيرا من الورق لينتشر عن ملقب ويسحب بواسطة واليب كد واليب الساعة (لم تدر في الشكل)

فيغمر رأسها عليه نقطة أو خطاً طوله حسب المراد وعند ما يرفع الضغط عن



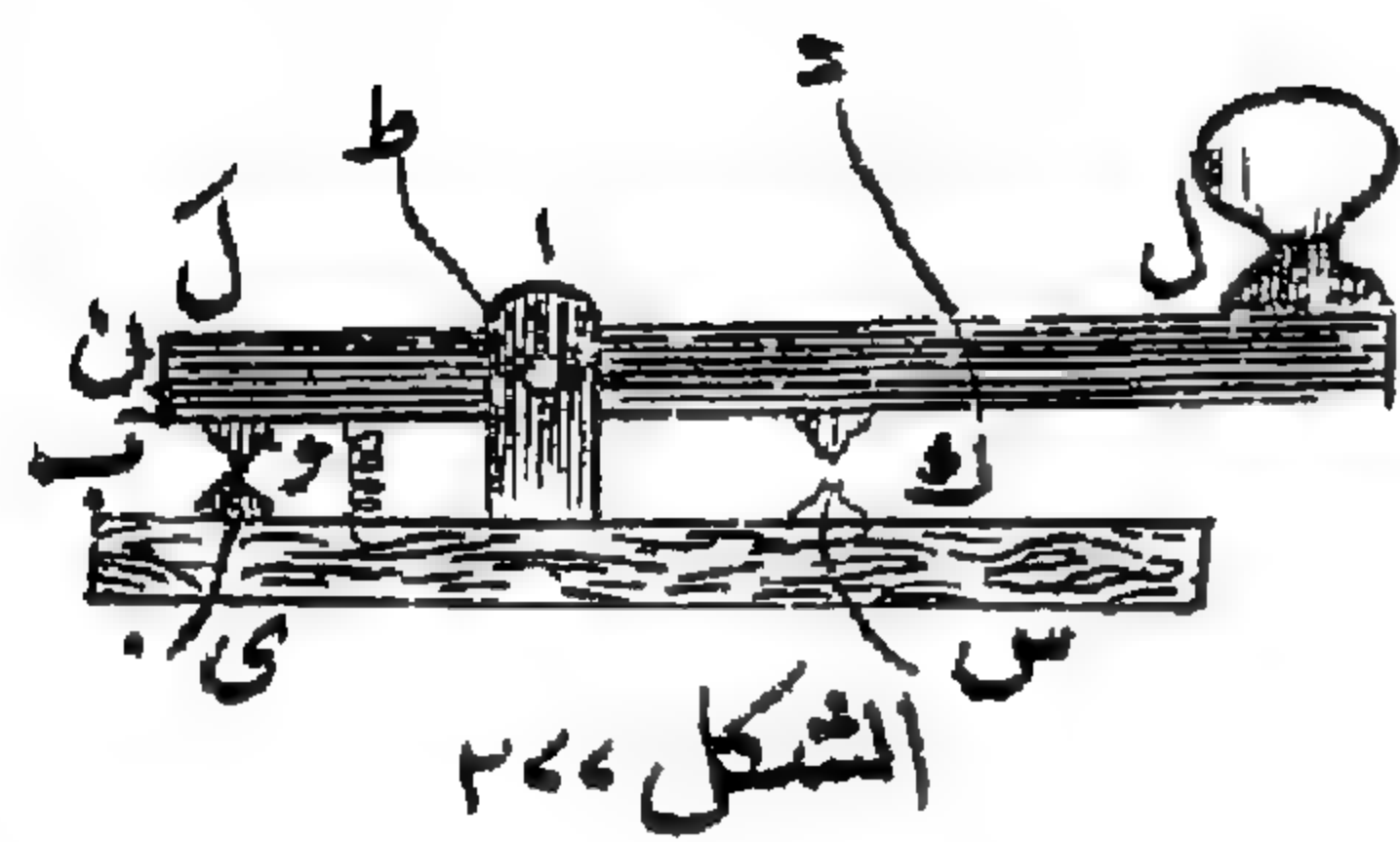
الشكل ٢٤٦

المفتاح في دمشق ينقطع الجرى عن المغناطيس الكهربائي في بيروت فينخفض الطرف الذي فيه المسبار من الراقم ويرتفع الطرف المتصل بالحافطة، ثم يعود العامل فيضغط المفتاح في دمشق فيعود المسبار ويغمر الورق في بيروت على ما تقدم وهكذا حتى ينتهي الرسالة. وتكون علامات الحروف فيها نقطاً وخطوطاً والفرق في خطها يتوقف على تقصير زمان ضغط المفتاح وتطويله. وهاتك علامات مورس للحروف الالفبائية. فيفصل الحرف عن الحرف في الكلمة قليلاً

A . —	J — — — —	R — — —
B — — — —	K — — — —	S — — —
C — — — —	L — — — —	T — — —
D — — — —	M — — — —	U — — —
E — — — —	N — — — —	V — — — —
F — — — —	O — — — —	W — — — —
G — — — —	P — — — —	X — — — —
H — — — —	Q — — — —	Y — — — —
I — — — —		Z — — — —

وتفصل الكلمة عن الكلمة أكثر من ذلك. وقد يمرن سمع المستغلين بالتلغراف حتى يصيروا يعرفون الحروف من سماع صوت وقع الحافطة على المغناطيس الكهربائي ثم فيستغنون عن الراقم. وعلى ذلك اخترعوا الصائتة وهي مغناطيس تضوى صغيراً أمامه حافطة يبعد هازنبراي عنه وقاد امر الجرى الكهربائي فيه

يجتذبا الحافظة فتقع عليه بصوت قوى واذا انقطع عنه المجرى الكهربائى تتدفع عنه بقوة الزنبرك فتعرف علامات الحروف من صوتها - هذا وقد ظهر ان مدام التلغراف الكهربائى كالم على وصل الدائرة الكهربائية وفصلها في محل واحد ومغطة المغنطيس الكهربائى وتزع مغنطيسيته بذلك في محل اخر على المتعاقب (٢٤٨) مفتاح التلغراف - هو مغل من النحاس ل ل (الشكل ٢٤٨)

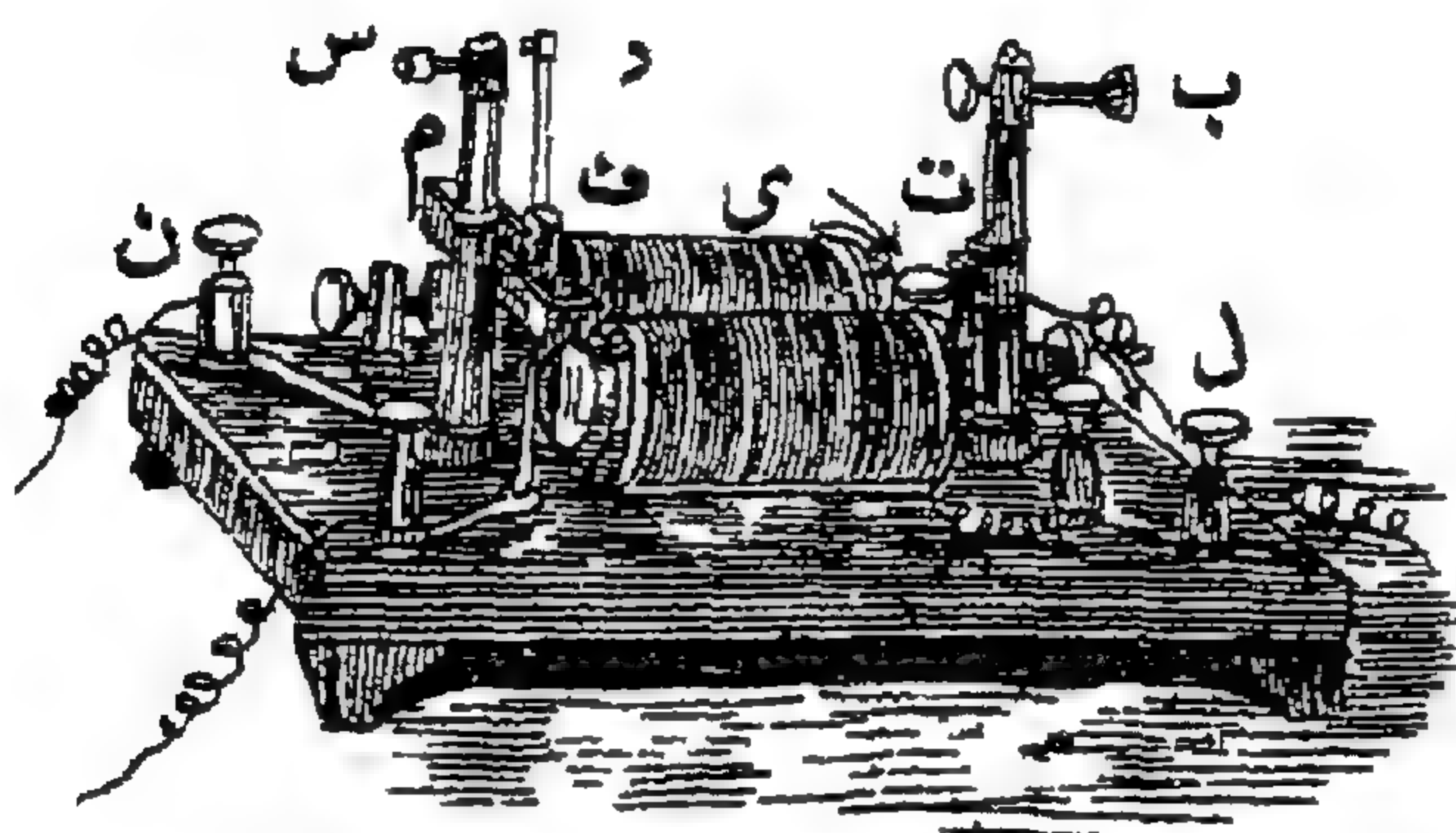


يتحرك على محور في ا على العمود ا وعلى اسفله نتوءان من البلاطين د ون وهذا ان يقرحان على نتوين اخرين من البلاطين ك وب

فالاول ك يتصل بالشريط س والثاني ب يتصل بالشريطى والشريطان المذكوران يتصلان بقطب البطارية (الشكل ٢٤٨) فاذا اتى المحل الذاتى مسس ن ب بقوة الزنبرك و يتصل بالمحور الذى فى ا من المحل شريط ثالث ط وهو الشريط الطويل الذى يمتد بين المكانين . فاذا كان المفتاح قابلاً كما فى الشكل جوى المجرى الكهربائى من المحل الباعث على ط ا ل ب بى شمس مؤ على آلة الرقعة لكتابة الرسالة كما مر وجوى من هناك الى الارض حيث يتصل بالقطب السلبى من البطارية . ثم اذا ضغط على المفتاح صار باعثاً فيجوى المجرى الكهربائى على س ك ا ط الى المحل البعيد . فالذى يريد ان يبحث الرسالة يدق بمفتاحه فيجوى الكهربائى منه الى محل الاخر فيقرأ هذه الرسالة ويشهرها وقبل الدق ينتبه القابل في المحل الاخر وذلك بان يرسل الباعث المجرى الكهربائى فيقرع جرساً في المحل الاخر فيستعد القابل لقبول الرسالة

(٢٤٩) المدد اذا زادت المسافة بين المكانين عن خمسين ميلاً يضعف المجرى الكهربائى من مقاومة الشريط له ومن عدم تمام الفصل فلا يترتب في المغنطيس التهربى تأثيراً كافياً للخط على الورقة . فاختر عواله المدد ليدفع به كهربائية بطارية

تم وضع في المكان الذي فيه المغنطيس النصوى . و يتضمّن لك المدد من الشكل ٢٤٨ الشريط الممتد بين الكافين وت الشريط الممتد الى الارض ون الشريط المتصل بالقطب الايجابى من البطارية الحلية وز المتصل بالقابله ومنها بالقطب السلبى . فيجرى الجوى الكهريائى من المحل الباعث الى ويد سر على شريط المغنطيس الكهريائى ثم يخرج من ت ويجرى الى الارض . فكلما جرى



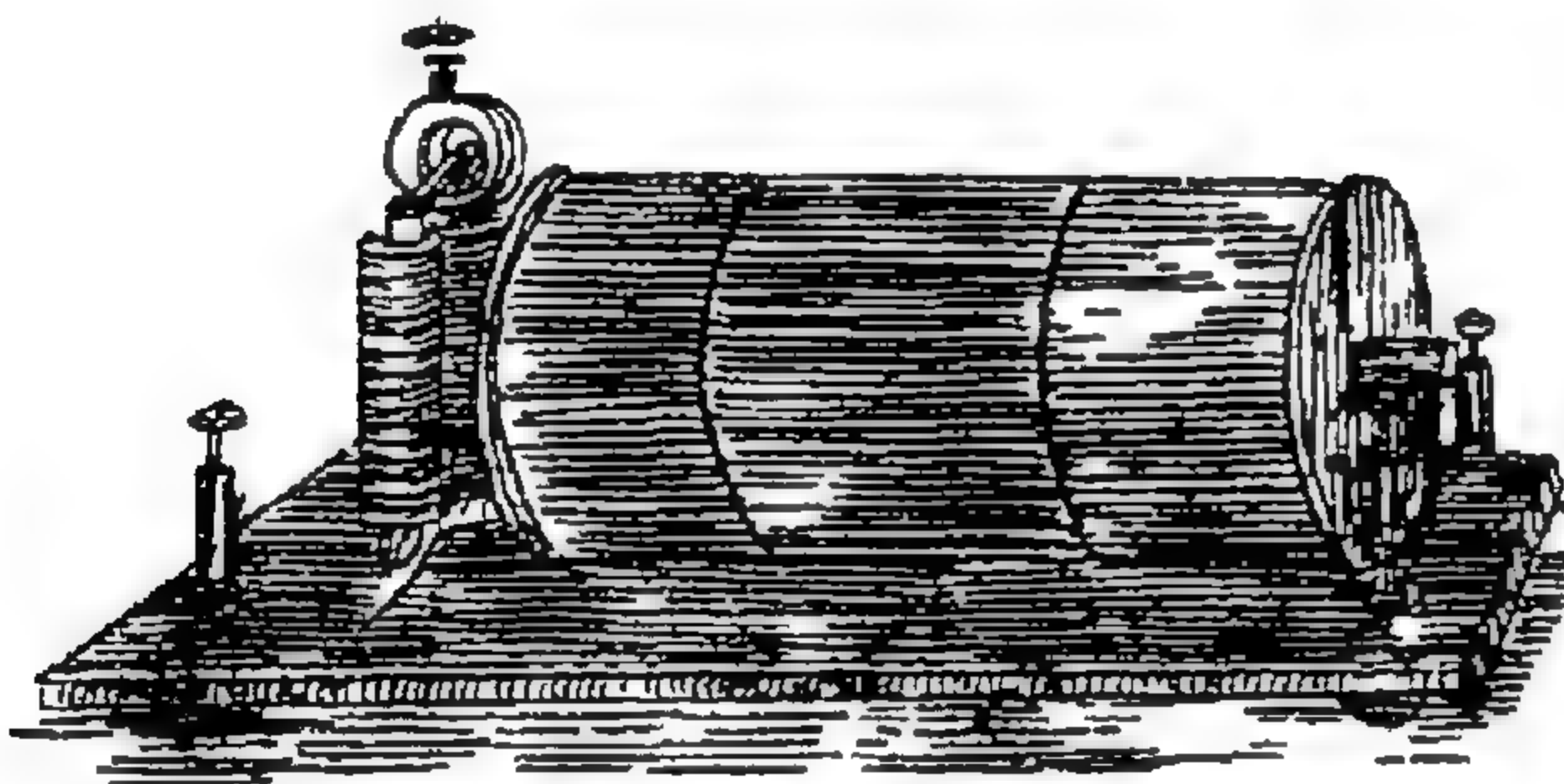
الشكل ٢٤٨

على شريطى يتمغنطى فيجذب الحافظة المثبتة بطرف محل قائم ف يتحرك على محاوره في وسطه . وكلما انقطع الجوى الكهريائى عن شريطى يسحب الزئبرك من المحل ف تبعد الحافظة عنى . ولذلك متى جذبت الحافظة الىى يتحرك الطرف الاعلى من المحل الى الجهة المخالفة ويمس اللولب س فيصعد الجوى من البطارية الحلية على الشريط ن الى م وس وينزل على ف الى ز ومنه الى المغنطيس الكهريائى فى القابله م (فى الشكل ٢٤٤) فيجذب هذا المغنطيس حافته ويحركه الراقم لخط العلامات . والخلاصة ان الباعث يدق المفتاح فى محله فيجرى الجوى الكهريائى الى المحل الآخر ويحرك المحل فى المدد فتترسل البطارية الموضوعة فى هذا المحل كهريائتها على الطريق الذى هيأه لها الجوى الاق من المحل البعيد فتتحرك كهريائتها الراقم بقوة كافية

(٢٨٠) حل مجرى لجوى - لف شريطاً موصلاً موصولاً على اسطوانة

ثم كبس هذه اللقطة قرطاً سائمتيناه اطله بالصمغ ثم لف حوله لقطة ثانية لا تتصل بالاولى

ووصل طرفي اللقطة الأولى ببطارية وطرفي الثانية بكلقا نومتر. فعند ما يجري المجرى في الأولى يحمل كهربية اللقطة الثانية الخارجية ويهيم فيها مجرى يجري في عكس جهته كما يعلم من الكلقا نومتر ويسمى مجرى الأولى الأولى ومجرى الثانية الثانوي إلا أن هذا المجرى الثانوي ينقطع بعد قليل ولا يعود يظهر حتى يفصل شريط الأولى عن البطارية فيظهر حينئذ جاريًا في جهة المجرى الأولى حتى ينقطع ثانية. وتسمى اللقطان معًا لقطة الحدة — وقد ظهر بالتجارب المتنوعة أن كل مجرى مبتدئ أو مقرب لشريط موصل أو متزايد القوة لسبب من الأسباب يحدث في الشريط المجاور له مجرى يجري في عكس جهته وإن كل مجرى منقطع أو مبعّد عن شريط موصل أو متناقص القوة لسبب من الأسباب يحدث في الشريط المجاور له مجرى يجري في جهته.



الشكل ٢٤٩

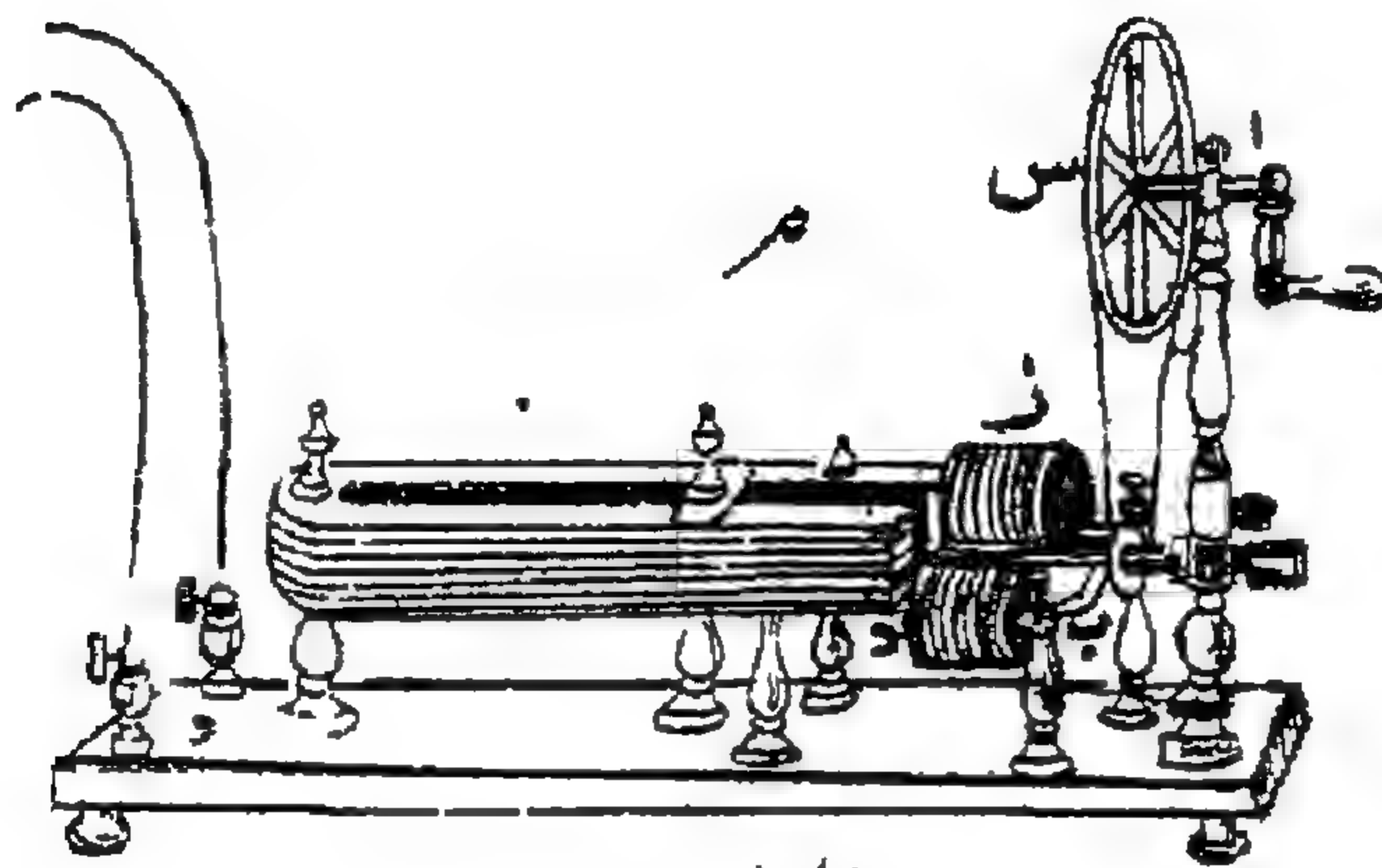
تري في الشكل ٢٤٩ لقطة حدة متصلة شريطها الداخلي بقطب بطارية لم ترسم هنا. فبعد مرور المجرى الكهربائي فيه يمر على مغناطيس كهربائي أمامها فيجذب المغناطيس حافظة اتجاهه. فتتصل الدائرة ويفقد المغناطيس مغناطيسيته فتفقد الحافظة منه وترجع إلى مكانها بقوة زنبرك فتتصل الدائرة ويعود المجرى الكهربائي. وهذا الفصل والوصل يتهيم المجرى الثانوي في الشريط الخارجي على ما تقدم ويوضع في تحريف هذه اللقطة حزمة من شريط الحديد فتزيد قوة المجرى الكهربائي في اللقطة الخارجية بأقل أيضًا. ويمتد طرفا الشريط الخارجي

فيمسك به المرضى ليتعالجوا بالمجوى الثانوى. وهذا الشكل كثير الاستعمال في الطب
وعلى هذا المواع تصنع لفة مكررة فيلف على الانواع الكبيرة منها من
ثلاثين الى خمسين ميلاً من الشريط. وقد استنبط لها برتشي الاميركي استنباطات
عديدة بها جعل المجوى شديداً جداً اقصر منها لفة تخويز شرراً حولها ٥ اقيراطا
ونملاً القنينة الليدنية وتفرغها بصوت كطلق البارودة بسرعة عظيمة. وللمجوى لفة
مكررة من التأثير في الاجسام بالبطارية ولكن تأثيرها اشد.

(٢٨١) حل المغنطيس للمجوى - كما ان المجوى الكهربائى يحل مجرى آخر
في شريط بالقرب منه (عد ٢٨٠) كذلك المغنطيس يحل المجوى الكهربائى في
الشريط الذى حوله. فاذا صنعت لفة من الشريط وصل طرفاها بالكلفانومتر
ثم ادخل طرف قضيب من المغنطيس بفتحة في جوفها حصل فيها مجوى كهربائى
وقتى معاكس في جهته بجهة المجوى المنطون انه يدير حول المغنطيس (عد ٢٨٠)
كما يستدل بالكلفانومتر. ثم ان هذا المجرى ينقطع مادام المغنطيس في اللفة
ولكنه حالما يخرج منها يحصل فيها مجوى آخر وقتى موافق لمجراه. وكان ذلك اذا
وضعنا في اللفة حزمة من شريط الحديد اللين وقرأنا اليها القطب الشمالى
من المغنطيس بفتحة فيظهر المجوى الكهربائى في اللفة ثم ينقطع مادام المغنطيس على
الحزمة ويعد جارىً بعكس ما كان حال رفع المغنطيس عنها + وعليه يجرى
المغنطيس مجوى في لفة الشريط كلما دخل فيها او خرج منها اذا كان هو
متحركاً وهو ثابتة. او كلما بعدت عنه وقربت منه اذا كانت متحركة وهو
ثابت. فيحصل المجرى بتغيير وضع المغنطيس من اللفة ويحصلان ايضا بزيادة
قوة المغنطيس ونقصانها وهو في اللفة

وقد اخترعوا آلات شتى على هذا المبدأ تسمى آلات كهربائية مغنطيسية منها
هذه الآلة (الشكل ٢٨٠) من مغنطيس فضوى مركب من عدة مغنطيسيات بعضها
من صوف فوق بعض وب مغنطيس كهربائى مؤلف من ساعدى حديد وحديد

ثالثة بينهما. فيدار الدو لا ب س فتدور اللغتان تجاه قطبي المغنطيس و
حيث أن يغنط هذان القطبان ساعدى الحديد بالحل والساعات بهيجان
محوى كهربائياً في كل من اللغتين. ويجرى المجرى على شريطين صممتان بين
من اللغتين تحت كرسى الآلة فيتمسك الحليل بهما فينتعربا لهزة الكهرباء
ولا سيما إذا وضعت حافظة على المغنطيس النضوى. وهذه الآلة كثيرة الإستعمال
في المعالجات الطبية لسهولة نقلها واستعمالها.

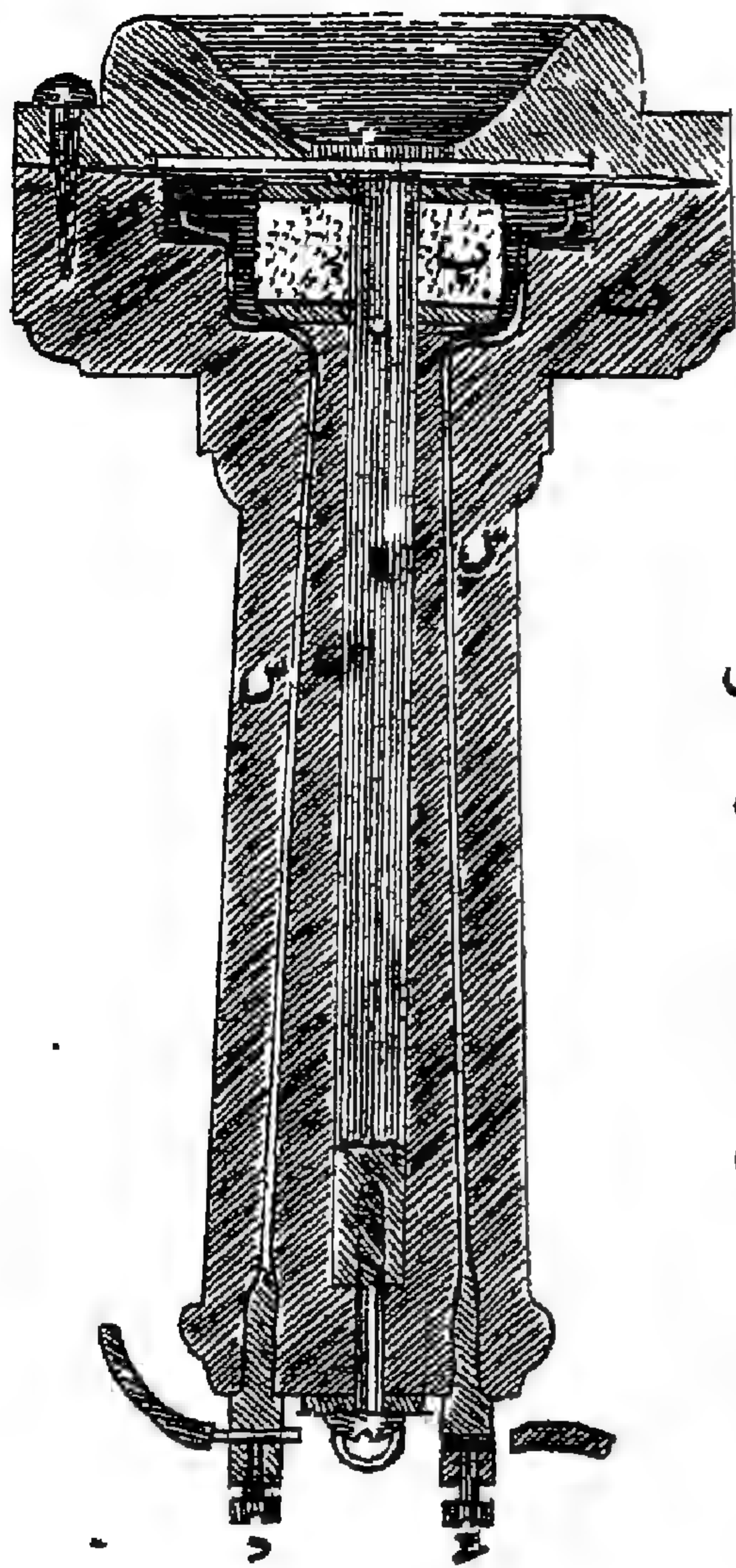


الشكل ٢٨٠

(٢٨٢) الشمعة الكهربائية + تقدّم (عد ٢٤٠) انهم يحولون الآن تعليم
النور الكهربائي ومن جملة الآلات التي صنعت لاستحضار هذا النور شمعة بيلغوف
وهي مصنوعة من قضيبين رقيقين من الكربون المحضّر بوضع احدهما قرب الآخر
وعلى موازاته ويفصل بينهما بصفيحة من الكاولين ثم يوصل بهما شريط آلة
كهربائية مغنطيسية فتتدبّر بينهما القوس القلتائية بحرارة شديدة جداً اتاكهما.
ولما كان القطب الايجابى منهما يؤكل اكثر من السلبى فقد جعل هذه الشمعة
تدبّر حتى ان القطب الايجابى يكون تارة على هذه القبة وطوراً على تلك
بالتساوى فيبقى طول القمتين واحداً ولا تنقطع القوس من بينهما حتى تحترقا
كلتاهما معاً. حسبوا ان نفقة هذه الشمعة ١/٤ من نفقة شمعة لتساويها من نور الغاز
(٢٨٣) التلغراف + تلغراف لنقل الاصوات باللات

علامات الحروف الهجائية اختراع بل لايركانى سنة ١٨٤٤

وهذه صورة مقطوعة



الشكل ٢٨١

(الشكل ٢٨١) اقضيب من

المغناطيس مثبت بلول في اسفله

وبلفة من شريط النحاس

المفصول ملفوفة حول راسه

ويمتد طرفاه من الى دد

ويتصلان من هناك بشريط التلغراف

او بشريطين آخرين يمتدان الى

حيث شئت واما رأس المغناطيس

واللفة صفيحة حديد اللين

لا يزيد سمكها عن سمك قرطاس

الكتابة المتين

وبيان نقل الاصوات به ان

المغناطيس ايمغنط الصفيحة حديد

بالحل ومتى تكلم المتكلم امامها تتهز

الى الامام والوراء فتغير ياها اذها هذا كيفية توزع المغناطيسية على

المغناطيس فيحصل من هذا التغيير مجارى متعاكسة منقطعة في اللفة بـ

وايضاً ان اقتراب الصفيحة حديد الى اللفة وابتعادها عنها في اهتزازها يحدثان

في اللفة مجارى كالمجارى التى يحدتها المغناطيس افنتقل هذه المجارى المنقطعة

الى المحل البعيد حيث يكون تلفون آخر. وعند وصولها الى اللفة التثني في هذا

التلفون تجذب الصفيحة حديد وتتركها على التوالى فتتهز هذه الصفيحة

كما اهتزت الصفيحة الاولى بصوت المتكلم فتصوت صوتاً كصوتها او تهز

وقائق المغنطيس نفسه فيسمع الصوت من اهتزازها ولو لم تكن
الصفة موجودة علم أيظن البعض



الشكل ٢٨٢

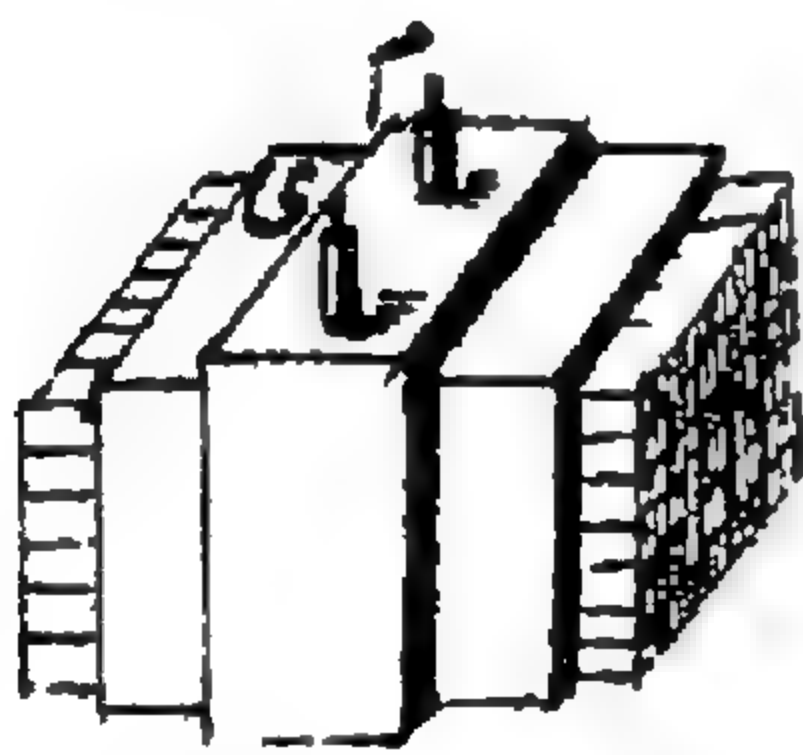
تري في الشكل ٢٨٢ صورة رجل يكلم غيره ويسمع كلامه بالملفون
وقد تمكنوا من التكلم به وبينهم نحو ١٠٠٠ ميل أي بين قليب لقياً
وشيكاً غواً أن صوته لا يخلو من الرقة المعدنية. أما طوله
فمن خمسة قواريط ونصف وأما قطر فوهته فاقل من ثلاثة
قواريط. ويؤمل منه النفع العظيم في المستقبل

الفصل الخامس

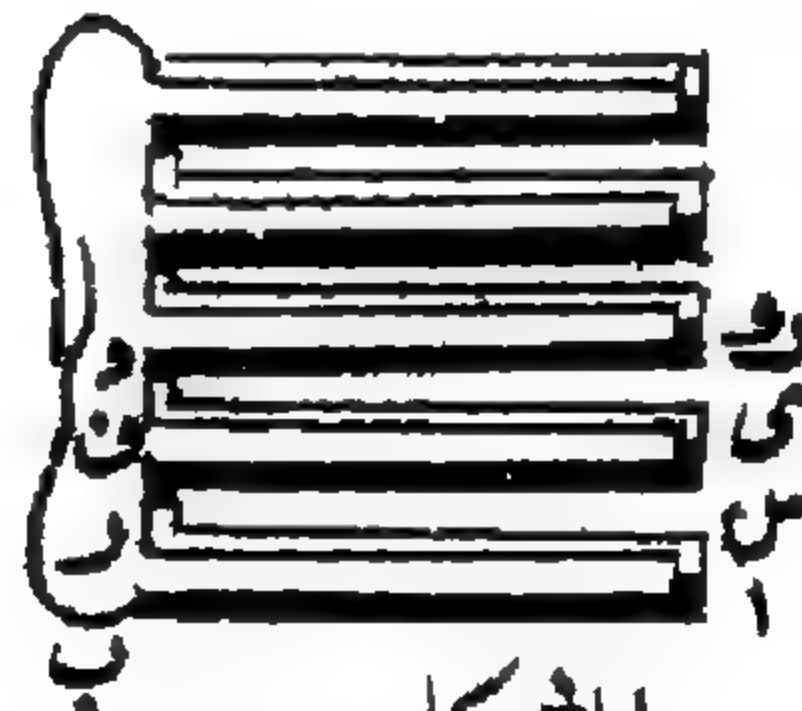
في كهربية الحرارة

(٢٨٠ م) كما ان الكهربية تتحول الى حرارة كذا الحرارة تتحول الى كهربية ويتفرع ذلك من رصيف كهربية الحرارة لتؤبلي كما سترى

خذ صفائح من الزموت والانتيمون وصلها بعضها ببعض كما تبصل اب وس روى فوك داخ (الشكل ٢٨٣) واربط شريطة موصلة مفصولة بصفيحة الزموت اب واخوي بصفيحة الانتيمون العليا واد اطراف الصفائح ب ر ف داخ بثلج وضع حديد احاميا على الاطراف اس ي ك داخ حتى تتفاوت حرارة الجانبين فيصدر منها مجرى كهربية شديدة ويجري على الشريط الى حيث يراد



الشكل ٢٨٢



الشكل ٢٨٣

واذا اريد عمل رصيف كثير الصفائح بقصد الاستعمال رصيف على قوتى في الشكل ٢٨٣ ووصلت صفيحة الزموت الاولى فيه بالشريطة وصفيحة الانتيمون الاخيرة بالشريطة س فتكون م وس قطبية الايجي والسلبى ثم اذ ما دامت حرارة الاطراف على الجانبين على درجة واحدة لم يظهر شيء من الكهربية وانما اذا اختلفت على الجانب الواحد ولو يسيرا جدا اعمتا في الجانب الاخر كما اذا وقعت فرائشة عليه او لاحت اليد امامه على بعد عشرين او ثلاثين قدما فيجري المجرى الكهربية منه على الشريطين ويجري الكلفا فتر مترا اذا كان متصلين به

ولذلك يستعمل هذا الرصيف لمعرفة وجود الحرارة منها قلت -

الفصل السادس .

في الكهربية الحيوانية .

(٢٨٥) قد مر أن كلتا فيكتشف مجرى كهربيًا في الضفدع فهذه الجحوى
يجرى في الحيوان الحي الذي لم يطل زمان موته من سطح جسده الخارجى الى
البشرة الى سطحه الداخلى الى الغشاء المخاطى وقد اثبتت ذلك بان اخذ
رأس ثور ووضع عليه العصب القطنى من فخذ ضفدع ومسك طرف الفخذ
بيده وبيل يده الاخرى بماء ملح ومسك بها اذن الثور فكانت فخذ الضفدع
تتشبّه كلما مسّ عصبها الغشاء المخاطى على لسان الثور. واثبت متيوشى الايطالى
بعد ان مجرى ايجابيًا مجرى على الدوام من داخل العضلات الى خارجها
ويوجد من السمك ما يهرّ ما سكه كانه قنينة ليدنية مما فيه من الكهربية
كالر عادي في البحر المتوسط وهو سمكة عريضة طولها نحو عشرين قدرا طاجرى كهربية
على المعادن والماء وباقي الموصلات كما تجرى عليها الكهربية المعروفة.
وكالانكليس الكهربية في مياه اميركا الجنوبية فهذه اقد قد ارادى ان
كهربية انكليس منه طوله اربعون قدرا طاجرى شرادة كشرادة بطارية ليدنية
ذات خمس عشرة قنينة. وذكره سبيلت ان الهنود اذا ارادوا اصياد ساقوا الخيل
والبغال لتخوض الماء وقوا يصدونها عن الخروج منه. فيضطرب الانكليس
من خوضها ويمر على وجه الماء من تحت بطونها فيهرّ هاهنا اعنيفا يصرع بعضها
وينصب شعر اعراف البقية على اعناقها ويجعل عيونها تحفظ خوفا حتى تفرغ كهربية
وتعبر فوقه فيفرّ من خوضها الى الشاطئ فيضرب به الهنود ديا الحراب ويخربونه
لعدم غير موصلة من الخشب

ولا بأس من ذكر اكتشاف يؤله هنا وهو ان النبات يُقَلَّتْ كهربياً بحية
سلبية عند طلوعه من البزير واكتشاف آخر وهو وجود مجاز كهربائية في
الثمار وجذور النباتات النامية وقشورها واوراقها وان كهربائية
الجذور وكل اجزاء النبات الداخلية الملافة عصاً اسلبية بالنسبة
الى الاجزاء الخارجية او الاقل عصاً

خلاصة الكتاب

(٢٨٤) سبق في المقدمة ان مباحث الفلسفة الطبيعية مقصورة على
التغيرات الطبيعية اى التي لا تلحق الصفات الخاصة للمادة بل العرضية فسنعمل
النظر في مباحث هذا المختصر على اربعة امور: قوة الجذب وقوة الدفع
والدقيقة (المادية) والاستمرار، والى هذه نرجع كل التعاليل الفلسفية اذ هي
الاسباب الموجبة للتغيرات الطبيعية المشار اليها. فان قوتى الجذب والدفع اذا
فعلتا في دقائق المادة على ابعاد غير محسوسة صيرنا بعضها جامداً او بعضها
سائلاً وبعضها غازياً واذا فعلتا ولا سيما قوة الجذب منهما في الاجسام (اسم
مجتمعات دقائق المادة) على كل الابعاد احدثنا ظواهر الحركة والسكون
بحسب شرائع ثابتة قد مر الكلام عليها في باب الجاذبية والحركة والميكانيكا
والسوائل والهوائيات. واذا فعلتا في الاجسام او في الدقائق حركاتها فتخطر
بالاستمرار كما مر في الرقاص او تهتز اهتزازاً يوثق في حواسنا فتشعر
بالصوت او النور او الحرارة او الكهرباء كما علمت في ابوابها

ولما كان فعل القوة في المادة انما يجري على طريق معينة هي انواميس التي
لا تتغير الا اذا اشاء بارئها كان حدوث حادث في عالم الطبيعة اتفاقاً. الا
وكانت الصدفة والاتفاق في التعاليل الفلسفية لغوا. اما القوة فلا تعلم ماهيتها

ولكننا نعلم بوجودها من فعلها في المادة ولا استطاعة لنا على خلقها ولا على ما شأناها.
نعم اننا نتوصل بمعرفة نواحيها الى استنتاج امر بالقضاء اغراضنا ولكن لا يزيد عليها
ولا يقص منها الا خالفها. فمما تغايرت صور الهيولى وتعددت مظاهرها فالقوة انما
تنتقل من حال الى حال بين جواهرها فتظهر حرارة وتنقلب كهربائية ثم نوراً وهلم
جوراً اباتية ماهيتها كمالها الى ما شاء باقى العالم بالهيولى ومدبراً صورة بالقوة. انتهى

ملحق + وضعنا في صدر الكتاب صورة الآلة البخارية العالية الضغط الغالية
الاستعمال (انظر عدد ٤٣) الاسطوانة وب غرفة البخار وس انبوبة البخار
المتصلة بالخلفين ود الوالى الذى يدبر المصراع فى انبوبة البخار فيخنقها تارة ويقلل
مقدار البخار الداخلى الى غرفة البخار فيتركها مفتوحة اخرى فيزيد مقدار البخار
الداخلى الى غرفة البخار بذلك يعدل حوكة الآلة وي دو ل ب يلف عليه سير
من الجلد ويد اربيه الوالى وف الظلميا وج ر كبة تجعل الحركة المستقيمة فى هذه الآلة
مستدبوة وع قضيب يصل بينها وبين قضيب المدرك وه قضيب المصراع المزحلق
وبه يتحرك هذا المصراع فى غرفة البخار ويحرك المصراع الوالى وص جسر الحوكة الذى
تنتقل القوة منه فتحرك الدوايب المتصلة بالآلة البخارية + وكيفية عمل هذه
الآلة ان البخار الداخلى الى الاسطوانة يحرك مدكها بقوة مرنته فيتحرك قضيب المدك
ذهاباً واياباً ويحرك عروج يحرك الركبة ج فتدور وتدور جسر الحوكة ص وهذا
يدبر ما يتصل به من الآلات. اما الفراش الكبير المتصل

به فالغرض منه ان يجعل دوران الجسر مستديماً

منظماً بما يكون له من قوة

الاستمرار

وكان الفراغ من تبليغه في ٢٤ حزيران سنة ١٨٨١

22/5/18